



FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS

CARRERA DE ECONOMÍA

**“EL IMPACTO DE LOS PRECIOS DEL PETRÓLEO SOBRE EL CRECIMIENTO DE  
LA ECONOMÍA ECUATORIANA, PERIODO 1972-2012”**

Tesis previa la obtención  
del título de Economista

AUTORES

MARÍA EUGENIA MACANCELA SANTANDER

ADRIÁN OSWALDO TERÁN LOJA

DIRECTOR

ECO. PABLO ANIBAL BELTRÁN ROMERO

**CUENCA – ECUADOR**

**2014**

## RESUMEN

Este documento analiza los efectos dinámicos del impacto de los precios del petróleo sobre el producto interno bruto en Ecuador, además de establecer el rol de los diferentes choques (entre externos y domésticos) para explicar las fluctuaciones de su crecimiento en el tiempo. Los modelos usados para este fin se basan en la metodología de vectores autoregresivos (VAR) y vectores autoregresivos estructurales (SVAR).

A partir de estos modelos, se encuentra en primer lugar que nuestro país se comporta en línea con lo que refiere la literatura global acerca de economías netamente exportadoras de petróleo y altamente dependiente de sus ingresos, es decir positivamente frente a variaciones favorables sobre sus precios, y negativamente ante innovaciones o impactos externos desfavorables. En segundo lugar al analizar de manera sistemática la influencia de los impactos o choques de precios del petróleo enfrentado a otros (oferta agregada, demanda agregada y precios nominales) que determinan el crecimiento nacional, se encuentra que los impactos del petróleo no poseen “efectos instantáneos” sobre las fluctuaciones del mismo, pero este se arraigan con mayor fuerza en el horizonte temporal que los anteriores.

**Palabras claves:** Petróleo, ecuador, asimetría de los efectos, restricciones de Blanchard y Quah.

## ABSTRACT

This paper analyses the dynamic effects of oil price shocks on gross domestic product in Ecuador, and establishes the role of the different shocks (between externals and domestics) in explaining output fluctuation over time. The models used for this purpose are related to Vector Autoregressive (VAR) and Structural Vector Autoregressive (SVAR) methodology.

Taking these models, firstly is founded that our country behaves in line with concerts the global literature about net oil exporting economies and highly dependent of their revenues i.e. positively with favorable variations on input prices, and negatively to innovations or adverse externals shocks. Secondly, analyzing systematically the influence of oil price impact /shock facing some others (aggregate demand, aggregate supply, nominal prices) on the national output, we founded that oil impacts don't have "instant" effects on the fluctuations of this, but it hold "strongly" in the horizon time than the rest.

**Keywords:** Oil, Ecuador, asymmetric effects, restrictions of Blanchard and Quah.

**ÍNDICE**

Introducción .....	15
--------------------	----

**CAPÍTULO 1: Generalidades**

1.1 Antecedentes .....	16
1.2 Base conceptual .....	19
1.2.1 Definición de petróleo.....	20
1.2.2 Sistema de encadenamiento.....	20
1.2.3 Tipos de petróleo .....	22
1.2.4 El mercado de petróleo .....	23
1.2.5 Los crudos de referencia .....	32
1.3 El contexto petrolero interno .....	34
1.3.1 Producción nacional .....	34
1.3.2 La comercialización .....	38
1.3.3 El diferencial .....	40
1.3.4 Dependencia petrolera y economía nacional .....	41

**CAPÍTULO 2: Crecimiento y petróleo; fundamentos teóricos**

2.1 Enfoques de crecimiento económico; aproximaciones teóricas .....	52
2.1.1 Los modelos de Dasgupta Heal y la regla de Hartwick .....	54
2.1.2 El recurso natural como insumo productivo .....	57
2.2 Mecanismos de transmisión .....	63
2.2.1 Enfoque clásico de perturbaciones sobre la oferta agregada .....	64
2.2.2 Los saldos monetarios reales .....	68
2.2.3 Linealidad y no linealidad de los efectos .....	69
2.3 Evidencia global .....	71

**CAPÍTULO 3: Metodología econométrica**

3.1 Descripción básica .....	82
3.1.1 Representación canónica y procesos de innovación .....	86
3.1.2 Función de autocorrelación y función de autocovarianza .....	87
3.1.3 Estimación de los parámetros de un sistema VAR .....	89
3.1.4 Test de validación: especificación y criterios de información .....	92
3.1.5 Previsión a los procesos VAR .....	92
3.1.6 Representación VMA de un proceso VAR .....	93
3.1.7 Principales funciones de los VAR's .....	94
3.1.8 Modelos de factorización estructural .....	95
3.2 Metodología de Box Jenkins .....	102

**CAPITULO 4: Aplicación al caso ecuatoriano**

4.1 Variables .....	105
4.1.1 Justificación de uso .....	105
4.1.2 Selección y tratamiento .....	106
4.2 Modelo SVAR .....	108
4.2.1 Propiedades de las series de tiempo .....	108
4.2.2 Especificación del modelo .....	110
4.2.3 Estimación de los coeficientes B y Q .....	112
4.2.4 Simulación del modelo .....	113
4.3 Modelos irrestrictos .....	122
4.3.1 Modelo lineal .....	122
4.3.2 Modelo no lineal .....	123

**CAPÍTULO 5: Conclusiones y Recomendaciones.**

5.1 Conclusiones .....	130
5.2 Recomendaciones .....	131

<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	133
---------------------	-----

## **ANEXOS**

A. Raíz unitaria	137
B. Criterios de información	144
C. Cointegración	145
D. Estabilidad	147
E. Autocorrelación	150
F. Normalidad	152
G. Factorización estructural; procedimiento	155
H. Cuadros numéricos de pronóstico	157
I. Tablas de uso	160

## **ÍNDICE DE CUADROS**

1.1 Composición del crudo	20
1.2 Concentración hidrocarburífera	20
1.3 El sistema del petróleo	21
1.4 Densidad-gravedad API	23
1.5 Reservas globales probadas	25
1.6 Top consumidores mundiales de crudo	26
4.1 Test de raíz unitaria (m restringido)	108
4.2 Criterios de información (m restringido)	109
4.3 Rango de cointegración (m restringido)	110
4.4 Matriz de coeficientes estimados de B y Q (m restringido)	113
4.5 Test de raíz unitaria (m irrestringido)	124
4.6 Análisis de cointegración (m irrestringido)	124
4.7 Criterios de información (m irrestringido)	125

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

1.1 Producción histórica mundial de crudo .....	26
1.2 Cotización euro-dólar .....	28
1.3 Nymex; posiciones netas de swap previas a junio del 2008 .....	30
1.4 Posiciones netas commercials non commercials prev. a junio del 2008 ..	31
1.5 Precios internacionales del petróleo por evento .....	34
1.6 Producción interna por compañías .....	36
1.7 Diferenciales internos vs externos .....	41
1.8 Producto interno petrolero/ total .....	42
1.9 Términos de intercambio (con petróleo) .....	42
1.10 Exportaciones; totales, crudo y derivados .....	44
1.11 Balanza comercial petrolera no petrolera .....	46
1.12 Ingresos fiscales petroleros no petroleros .....	47
2.1 Mecanismos de transmisión .....	71
2.2 Correlación mundial entre riqueza natural y productividad per cápita .....	72
2.3 Exportación de crudo por país; condiciones financieras.....	75
2.4 Crecimiento y petróleo; caso OCDE .....	77
2.5 crecimiento y petróleo; caso RU, EEUU y Canadá.....	79
4.1 FIR estructural, shock de precios del petróleo (caso interno) .....	116
4.2 FIR estructural, shock de oferta agregada (caso interno) .....	117
4.3 FIR estructural, shock de demanda agregada (caso interno) .....	118
4.4 FIR estructural, shock de precios nominales (caso interno) .....	119
4.5 FIR estructural, efecto combinado (caso interno) .....	120
4.6 Descomposición de la varianza (caso interno) .....	121
4.7 FIR lineal (caso interno) .....	127
4.8 Innovaciones positivas de precios del petróleo (caso interno) .....	128
4.9 Innovaciones negativas de precios del petróleo (caso interno).....	129

## ÍNDICE DE FIGURAS

2.1 Política fiscal .....	64
2.2 Política monetaria .....	65
2.3 Función salario real – tasa de desempleo .....	66
2.4 Efectos del incremento de los precios del petróleo sobre la O.A. ....	67





UNIVERSIDAD DE CUENCA

Yo, ADRIÁN OSWALDO TERÁN LOJA, autor de la tesis "EL IMPACTO DE LOS PRECIOS DEL PETRÓLEO SOBRE EL CRECIMIENTO DE LA ECONOMÍA ECUATORIANA; PERIODO 1972-2012", reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de ECONOMISTA. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.

Cuenca, Noviembre del 2014



ADRIÁN OSWALDO TERÁN LOJA

0104774500

MARÍA EUGENIA MACANCELA SANTANDER  
ADRIÁN OSWALDO TERÁN LOJA

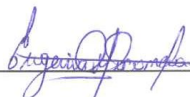
9



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Yo; MARIA EUGENIA MACANCELA SANTANDER, autora de la tesis "EL IMPACTO DE LOS PRECIOS DEL PETRÓLEO SOBRE EL CRECIMIENTO DE LA ECONOMÍA ECUATORIANA; PERIODO 1972-2012", reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de ECONOMISTA. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.

Cuenca, Noviembre del 2014



MARIA EUGENIA MACANCELA SANTANDER

0301755278



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Yo, ADRIÁN OSWALDO TERÁN LOJA, autor de la tesis "EL IMPACTO DE LOS PRECIOS DEL PETRÓLEO SOBRE EL CRECIMIENTO DE LA ECONOMÍA ECUATORIANA; PERIODO 1972-2012", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

Cuenca, Noviembre del 2014



ADRIÁN OSWALDO TERÁN LOJA  
0104774500

MARÍA EUGENIA MACANCELA SANTANDER  
ADRIÁN OSWALDO TERÁN LOJA

11



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Yo, MARIA EUGENIA MACANCELA SANTANDER, autor de la tesis "EL IMPACTO DE LOS PRECIOS DEL PETRÓLEO SOBRE EL CRECIMIENTO DE LA ECONOMÍA ECUATORIANA; PERIODO 1972-2012", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

Cuenca, Noviembre del 2014



MARIA EUGENIA MACANCELA SANTANDER

0301755278

MARÍA EUGENIA MACANCELA SANTANDER  
ADRIÁN OSWALDO TERÁN LOJA

12

## AGRADECIMIENTO

Nuestros más sinceros agradecimientos a la Universidad de Cuenca por permitirnos cumplir en este momento una de las metas más importantes de nuestra vida.

Al Economista Pablo Beltrán por su conocimiento y gentileza, y al resto de docentes que de una u otra forma nos brindaron su apoyo y colaboración en el desarrollo de este trabajo.

En general a nuestros compañeros y amigos, que han sido artífices en la construcción de esta maravillosa etapa de aprendizaje.

## **DEDICATORIA**

A Dios por la perfección con la maneja los tiempos de nuestras vidas.

A mi padre Oswaldo por su valioso apoyo en mi proceso formativo, a mi hermana Gina por ser soporte en mis momentos difíciles, a mi madre Rebeca por su luz y guía a lo largo de mi camino, al resto de mis seres queridos...

Gracias por todo.

**ADRIÁN**

Dedico el presente trabajo principalmente a mis padres y a mis hermanos, quienes me brindaron su apoyo incondicional en todo momento, ya que sin su apoyo no hubiera podido alcanzar este gran objetivo

**MARÍA EUGENIA**

## INTRODUCCIÓN

La presente tesis tiene como objetivo estudiar el impacto de los precios del petróleo sobre el crecimiento de la economía Ecuatoriana durante el período 1972- 2012, para ello debemos tener presente una visión general de los acontecimientos más relevantes ecuatorianos y su vínculo petrolero.

Se comienza mencionando que el Ecuador petrolero que conocemos hoy en día, tuvo orígenes en los años de 1930 tras el descubrimiento de prospecciones ubicadas en la provincia de Santa Elena, desde donde se procedió a la extracción del mismo pero que según se cita en Fontaine (2003) fueron yacimientos de poca eficiencia, se operó con altos grados de contaminación ambiental y finalmente los réditos para la economía Ecuatoriana fueron prácticamente nulos debido a la participación de las compañías extranjeras Anglo y Carolina Oil en las ganancias provenientes del mismo. No obstante no sería hasta el año de 1967 con el descubrimiento del crudo “oriente” en la región amazónica que se percibirían altos ingresos tras la comercialización en 1972, que si bien permitió (y sigue permitiendo valga la redundancia) beneficiar las arcas de riqueza nacional, trajo consigo procesos innatos de alta dependencia subyacente básicamente en lo que pueda acontecer exógenamente sobre el insumo, esto es; la de determinación de sus precios.

Los precios del insumo en cuestión, han sufrido un vaivén de situaciones en casi medio siglo de vinculación petrolera nacional al mundo. En términos sencillos se puede distinguir en gran medida el repunte de precios obtenido en la década de los 70s, tras el nacimiento de la OPEP, y su inclusión como cártel de producción de petróleo en el contexto global.

Luego de este suceso los precios externos se han visto involucrados en situaciones de geopolítica de finales de los 70s y comienzos de los 80s con la conflictividad de medio oriente; comienzos de los 90s con los conflictos de occidente y oriente medio; y 2001-2003 y 2011 por las guerras contra el terrorismo y las amenazas nucleares. El otro tipo de eventos que han determinado la conformación de los precios del petróleo, se refirieron a comportamientos por ejemplo desde el orden apreciación-depreciación del valor de la moneda común (dólar) en el comercio mundial, así como del orden especulativo generado desde las posiciones “*non commercials*” sobre los mercados bursátiles que cotizan los precios del crudo desde mediados de la década de los 80s, esto es, el New York Mercantile Exchange e Intercontinental Exchange.

# CAPÍTULO 1

## GENERALIDADES

---

### 1.1 ANTECEDENTES

La explotación y la venta de recursos naturales en el mercado internacional es un fenómeno de vieja data en las relaciones comerciales entre países ricos, metropolitanos y pobres, mismos que se remonta a la época colonial y que se ha convertido en una constante histórica durante el siglo XX y parte de este.

Bajo este precepto, economías pequeñas desde el punto de vista de la producción mundial y en dependencia al comercio exterior, han basado de manera considerable sus posibilidades de crecimiento y desarrollo en la producción en la comercialización internacional de materias primas, dentro de las cuales podemos encontrar y de manera muy especial al recurso natural petrolero. El problema que colinda con la dependencia del comercio y de generación de divisas a partir de la exportación de este recurso en especial, es la fluctuación y alta volatilidad que presentan sus precios en el contexto global.

En economía se considera que la clave para la fijación de los precios de bienes y servicios subyace en una relación simple entre oferta y demanda, más sin embargo para el caso específico del petróleo, la historia ha demostrado que sus precios no responden solamente a un simple equilibrio de mercado sino que están caracterizados por una serie de episodios discontinuos de alto contenido geopolítico en medio oriente y occidente, especulativo por lo ocurrido en las posiciones “*commercial*” y “*non commercial*” sobre los mercados *forward* del insumo y finalmente por el debilitamiento histórico del dólar como moneda de transacción común en el contexto global

Analizando de manera general la evolución histórica mundial de los precios del petróleo, esta se remonta a la década de los cincuentas, donde el precio de este insumo se comerciaba por debajo de los dos dólares y era impuesto por el cartel:



“Seven Sisters”<sup>1</sup>, que se conformaba básicamente por países importadores del insumo, y que buscaban su beneficio a través de las caídas de precios impulsadas desde esta posición oligopólica arraigada fuertemente en el mercado mundial.

Como respuesta a aquello, en los sesenta se crea una organización de países netamente exportadores de petróleo con Medio Oriente y Venezuela a la cabeza que decidieron asociarse en conjunción a varios países exportadores, y fundar lo que hoy se conoce como OPEP<sup>2</sup> (Organización de países exportadores de petróleo) en el año 1961. La finalidad; retomar el control del mercado como un ente oligopólico o de cártel (Mabro 2006), ante los embates generados por el cártel de las compañías inglesas y norteamericanas que lideraban en el mercado mundial petrolero de aquel entonces.

Tras la conformación generada por la OPEP, en los primeros años de la década del 70's se experimenta uno de los primeros movimientos estratégicos advenidos desde este ente, derivando en una subida abrupta a los precios del crudo ocurrida entre 1973 y 1974 inherente al fenómeno conocido como “Embargo Petrolero”, esto por la decisión de los países árabes pertenecientes a la OPEP, Egipto y Siria de no exportar más petróleo a los países que habían apoyado a la guerra del “Yom Kippur”, medida que incluyó a Estados Unidos y sus aliados de Europa Occidental, recortándose la producción mundial en un 25%, y cuadruplicando el precio del crudo de 3,29 dólares por barril en 1973 a 11,58 dólares en 1974.

No pasaría mucho tiempo desde aquel entonces, y tras la supuesta estabilización de la afluencia del suministro oferente desde la posición OPEP, hasta que en el año de 1979 reaparecieran nuevos incrementos del precios del crudo, esto por la “revolución Iraní” en 1978 caracterizada por la Guerra de Irán-Irak provocando una reducción de la producción mundial de petróleo. El precio del insumo se incrementa de 14,02 dólares por barril en 1978 a 31,61 dólares en 1979. La situación se normaliza a finales de 1981.

---

<sup>1</sup> Las compañías petroleras inglesas y norteamericanas crean en 1928 un cártel internacional, conformado por las siete mayores compañías petroleras internacionales, conocidas como las Siete Hermanas: Standard Oil of New Jersey (denominada Exxon en 1973); Socon y Mobil Oil; Standard Oil of California (SOCAL); Gulf Oil Texaco; Royal Dutch Shell; y British Petroleum. Las cinco primeras, de capitales estadounidenses; la sexta de capitales anglo-holandeses; y, la última, de capitales británicos (Miranda 2013)

<sup>2</sup> La OPEP es una organización reconocida desde el 6 de noviembre de 1962 por la Organización de las Naciones Unidas (ONU), gracias a la resolución de la ONU número 6363. La OPEP tuvo su sede en Ginebra (Suiza) entre 1960 y 1965, y después trasladó su sede a Viena, debido a las facilidades otorgadas por el gobierno austriaco. Los países fundadores del cártel son Arabia Saudí, Irak, Iran, Kuwait, y Venezuela.

Un evento importante en el comercio histórico del petróleo se daría en el año de 1983, por la inclusión del precio del crudo WTI en las negociaciones de los mercados bursátiles NYMEX donde confluyen a la vez mercados a la vista, entregas físicas hacia adelante, futuros, opciones y otros derivados. Dicha estructura compleja se replicó en el Mar del Norte alrededor del crudo “Brent”, el cual se transaba en IPE (Intercontinental Petroleum Exchange) hoy ICE (Intercontinental Exchange) desde 1988 en el Reino Unido, la cual solo incluía a principios de los años 80, el mercado a la vista y el de entregas físicas hacia adelante (a 15 días) (Fattouh 2006). A finales de esta década dicho mercado también incluía contratos a futuro transados en la Bolsa de Intercambio de Petróleo Internacional (IPE), opciones, intercambios (swaps), y otros instrumentos comerciales.

En 1986 se presenta un choque negativo sobre los precios del petróleo debido a la incursión de “nuevos agentes de producción mundial” conocidos como No OPEP, fortaleciendo su producción de 48% al 71% entre 1973 y 1985, y consecuentemente incrementando vertiginosamente el número de oferentes, lo cual se canalizó en una gran reducción de demanda del crudo OPEP de 30 a 16 millones de barriles por día entre 1979 y 1985, de manera que su participación en el mercado pasó del 52% en 1973 a menos del 30% en 1985. Los precios de aquel entonces reflejaron una caída a los 11 usd por barril en 1986.

Más tarde en 1990 se presenta la “guerra del Golfo”, originada por la invasión de Irak a Kuwait en el año 1991, según se argumenta esto por la intervención de los EEUU, para evitar el fortalecimiento de la OPEP. Estas consecuencias conllevaron hacia un nuevo incremento en el precio del crudo elevado hasta 36 dólares por barril. Los siguientes años el promedio bajó a 20 dólares el precio del barril (entre los años 1992 y 1996), situándose más luego una baja importante a 11 dólares en el período 1997-1998 como resultado de la crisis asiática. Tras los ataques terroristas del 11 de septiembre del 2001 sobre los EEUU y la decisión *a posteriori* americana de invadir Irak en el 2003 desde el argumento de “batalla contra el terrorismo y posesión de armas de destrucción masiva”, hizo despegar los precios del crudo esta vez con incrementos de alrededor del 150% por sobre el precio normal llegando al 2004 con precios de 50 dólares por barril.

A partir del 2004, los precios del petróleo comienzan un ascenso paulatino, por los efectos de los huracanes en los Estados Unidos, por el crecimiento en la economía de

los países emergentes como China e India, y particularmente, por el auge de la industria de la construcción que terminó por convertirse en una burbuja especulativa la misma que al desinflarse hizo que los inversionistas vuelquen su interés a commodities como el oro y especialmente el petróleo.

El año 2008, representa para el contexto global una de las subidas más grande de precios del crudo en la historia, donde tomándose como escenario el NYMEX, el contrato “*future*” a 4 meses sobre el “*light sweet crude*” llegó a su máximo valor histórico de US\$ 146,43 dólares por barril el 14 julio de 2008. Al finalizar este año los precios promedios del crudo bordearon los 100 USD por barril.

Después del fuerte impacto a mediados del 2008 que tendrían los precios del petróleo en las bolsas de su cotización den el mundo, se presenta inmediatamente un desinflamiento de los mismos llevados por una reducción de la demanda mundial de energía tras la recesión ocasionada por la crisis financiera en los EEUU en 2008. Ante esto la OPEP resuelve bajar la cuota de producción en sus reuniones de octubre y diciembre de 2009, sumando un recorte total de 4.2 millones de barriles haciendo que la cotización del crudo vaya paulatinamente en recuperación con un incremento continuo desde los primeros meses de 2010.

En general, el 2011 tuvo precios por barril que fluctuaron de entre 89 dólares y 98.5 dólares para cerrar el año con una media de 95 dólares. Al iniciar el año 2012 se genera un nuevo conflicto de armas entre oriente y occidente; con el denominado “plan nuclear de Iran” y su amenaza de cerrar el estrecho de *Ormuz* por el que transita alrededor del 40% del petróleo mundial trastocando nuevamente las expectativas mundiales en el negocio del *commodity*, que hizo aumentar el barril de crudo en los mercados financieros en \$100 a comienzos de este aquel año hasta finalizar el año con un precio promedio del barril de \$ 94 en el WTI. Es decir a partir del 2008 al año 2012 se mantuvieron altos niveles de precios evidenciados particularmente en los mercados como NYMEX e ICE a excepción del al año 2009.

## 1.2 BASE CONCEPTUAL

A continuación se presentan algunos conceptos básicos petroleros, que nos ayudarán a entender de mejor manera la precedencia, composición, dinámica exógena, benchmarks mundiales etc. Como confluientes estructurales necesarios para la construcción de precios.

### 1.2.1 DEFINICIÓN DE PETRÓLEO

Etimológicamente, la palabra petróleo proviene de las voces latinas *petro* (roca) y *oleum* (aceite): *aceite de roca*. Es decir el petróleo es una compleja mezcla natural de compuestos hidrocarburíferos que se encuentran en una roca.

### 1.2.2 SISTEMA DE ENCADENAMIENTO.

La precedencia intrínseca del petróleo podrían analizarse desde el punto de vista de la ciencia química (petroquímica y química orgánica) para explicar la formación, composición, y transformación de los elementos químicos conformantes del crudo; así como el estudio geológico (geofísica y geología del petróleo) que analiza básicamente la situación prospectiva de los yacimientos petroleros y de reservas como componente del suelo en el proceso extractivista.

**Cuadro 1.1: COMPOSICIÓN DEL CRUDO**

CRUDOS	Composición	
	%	peso
Carbono	84	87
Hidrógeno	11	14
Azufre	0	5
Nitrógeno	0	0,2
Oxígeno	0	0,5

Fuente: Repsol YPF

El petróleo es un compuesto formado de átomos de carbono e hidrógeno, en sinergia a pequeñas cantidades de nitrógeno, azufre, oxígeno y metales adicionales (véase cuadro 1.1), catalogadas como de origen fósil y fruto de transformación de materia orgánica (zooplancton y algas marinas), depositados en lugares en los que alguna vez hubo mar, o lugares propicios.

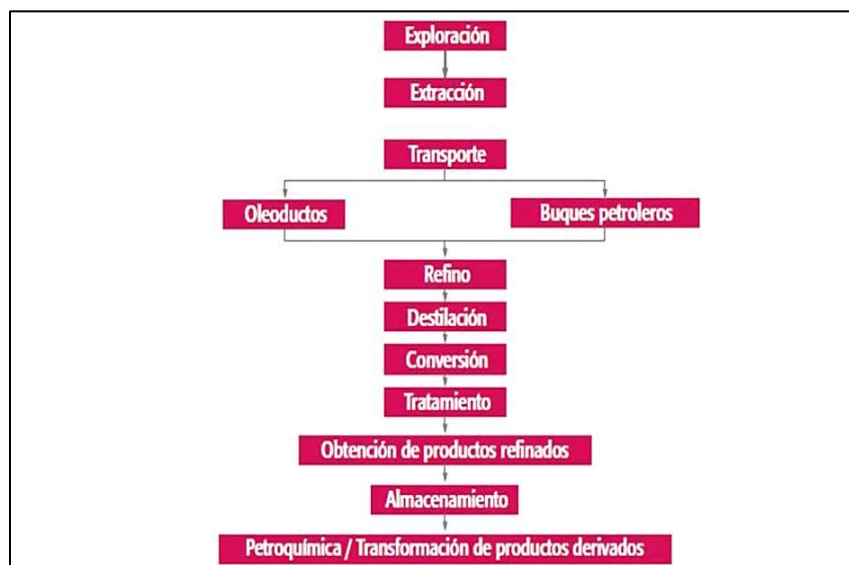
**Cuadro 1.2: CONCENTRACIÓN HIDROCARBURÍFERA**

<b>Líquido</b>	Dentro de rocas porosas
<b>Volátil</b>	Que se transforma en gas al contacto con el oxígeno
<b>Semisólido</b>	Con textura de seda

Fuente: R. Kraus.

Estos depósitos se pueden encontrar principalmente en estado líquido mezclado con gas y agua, y se puede presentar de forma muy variada, dependiendo de la concentración (cuadro 1.2) en la que se hallen los hidrocarburos, y desde donde generalmente se busca su forma líquida para el proceso de perforación y extracción.

**Cuadro 1.3: EL SISTEMA DEL PETRÓLEO**



Fuente: Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco. 2008

En contraposición a la venta directa de hidrocarburos, el proceso consiguiente pasa por transportar el crudo hacia su transformación; esto es, deshidratación y eliminación de compuestos altamente volátiles<sup>3</sup>, a través del refinamiento para la obtención de derivados tales como: butano, propano, productos químicos, gasolina, queroseno, gasóleo o diesel, fueloil, lubricantes, ceras, asfalto etc.

Luego del proceso de refinado, la alternativa consiguiente pasa por la transformación de ciertos agentes derivados del crudo, mediante la petroquímica hacia diferentes variedades de insumos finales (plásticos, aerosoles, etc.)<sup>4</sup>

<sup>3</sup> Debido a la estructura molecular del crudo, formada principalmente por cadenas de Carbono e Hidrógeno, además de elementos considerados “impurezas” como el azufre, oxígeno, nitrógeno y ciertos metales. Estos deben ser removidos a partir del proceso de destilación, craqueo, reformación, e hidrotratamiento en lo que contempla el proceso de refinamiento.

<sup>4</sup> Para mayor referencia del tema véase: “Petróleo: prospección y perforación” *Richard S. Kraus*. <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo3/75.pdf>

### 1.2.3 TIPOS DE PETRÓLEO

Según las publicaciones de energía y ambiente<sup>5</sup>; se conocen 3 tipos de caracterizaciones que configuran una descripción completa acerca del tipo de petróleos que existen:

#### POR SU COMPOSICIÓN QUÍMICA

- **Parafínicos:** compuesto principalmente de parafina, es fluido y de color claro. Proporciona más cantidad de nafta<sup>6</sup> que los otros tipos de petróleo en el proceso de refinación.
- **Nafténicos:** su composición principal son naftenos e hidrocarburos aromáticos, es muy viscoso y de coloración oscura. Generan una gran cantidad de residuos tras el proceso de refinación.
- **Mixtos:** compuesto de ambos ingredientes, el del parafínico y el nafténico.

#### POR SU PRESENCIA DE AZUFRE

- **Composición dulce:** este tipo de petróleo contiene menos de 0.5% de contenido sulfuroso, es decir, es de alta calidad y ampliamente utilizado para ser procesado como gasolina.
- **Composición agria:** este petróleo contiene al menos 1% de contenido sulfuroso en su composición, es decir su costo de refinamiento es mayor, por lo que es usado mayormente en productos destilados como el diesel.

#### POR SU DENSIDAD

Sustenta su explicación en la presencia de crudos: pesados, semipesados medianos livianos y superlivianos. La referencia mundial de esta clasificación categórica es la gravedad “API” generada como lo indican sus siglas por el “*American Petroleum*

---

<sup>5</sup> <http://profesores.fi-b.unam.mx/l3prof/>

<sup>6</sup> A grandes rasgos, las naftas pueden clasificarse en dos tipos según su uso: naftas disolventes y naftas para petroquímica. Las primeras se emplean en los procesos industriales que requieren una acción disolvente o diluyente, como la preparación de pinturas, lacas, insecticidas, herbicidas, aerosoles, tintas e incluso para la extracción de aceites vegetales grasos y esencias. Las naftas para petroquímicos por otra parte son elementos químicos del crudo, que pueden ser extraídos y utilizados para la fabricación de gomas, plásticos, detergentes y lubricantes. Fuente: <http://www.wordreference.com/definicion/nafta>.

*Institute*". La Gravedad API se basa en la comparación de la densidad del petróleo con la densidad que posee el agua, así por ejemplo; a mayor gravedad API, el petróleo será más liviano, y a más liviano o ligero, será más requerido en el mercado, por lo que acoge un mayor precio en el mismo.

**Cuadro 1.4: DENSIDAD- GRAVEDAD API**

<i>Petróleo</i>	<i>Densidad (g/cm<sup>3</sup>)</i>	<i>Gravedad (°API)</i>
Extrapesado	> 1.0	10.0
Pesado	1.0 - 0.92	10.0 – 22.3
Mediano	0.92 – 0.87	22.3 – 31.1
Ligero	0.87 – 0.83	31.1 - 39
Superligero	< 0.83	> 39

**Fuente:** Universidad de las Américas, México; "El petróleo".

El problema, que surge con los crudos extrapesados radica en que se necesita de un esquema de refino y proceso de conversión hacia la destilación mucho más complejo que uno considerado de mayor gravedad API (menor densidad), que incurre a final de cuentas en mayores costos, en contraposición a un petróleo menos denso o con categoría API más alta.

## 1.2.4 EL MERCADO DE PETRÓLEO

En el mercado de petróleo se determina el precio del crudo, que se caracteriza por una serie de singularidades y las circunstancias geopolíticas, además de las específicamente económicas y financieras; algunas de ellas condicionantes de forma coyuntural y otras de forma netamente estructural. (Hormaeche et al.2008).

En este apartado se tratará de describir estructuralmente los confluente, que se según la teoría moderna; explicarían los determinantes subyacentes en la determinación de sus precios.

Desde el punto de vista de la literatura, los enfoques de carácter ortodoxo para analizar el precio del crudo se desarrollan en los años setenta y ochenta, concentrándose fundamentalmente en términos de interacción entre oferta y demanda, que se derivan, tal y como se describe en Salehi - Isfahani (1995) por un lado, de la naturaleza del petróleo como *recurso agotable* (King Hubbert 1956) y, por otro el *modus operandi* de la OPEP. Esta última corriente correspondiente a tres categorías de modelos, la teoría del cartel (Mabro 2006), la teoría de la empresa



dominante y el poder de mercado de Arabia Saudí; (Griffin y Nielson 1994) y los modelos competitivos.

En la actualidad; circundante al rol de juego entre oferta y demanda (condicionado innatamente en el rol de la “geopolítica”); está el advenimiento de la parte no real o “especulativa” en la cotización del bien. Esto fundamentado en las negociaciones bursátiles del petróleo como elemento *commodity* entrelazadas en las teorías: “*spot price*” y “*future price*” (Borgucci y Pulitano 2010).

Siguiendo a Hormaeche et al. (2008), se puede imponer un elemento adicional que fundamenta una explicación estructural de los precio del petróleo: los efectos de cruce entre el precio del euro, el precio del dólar, y los precio del crudo”.

## INCIDENCIAS GEOPOLÍTICAS

Las incidencias geopolíticas, tienen fundamento en la mayor parte de los conflictos bélicos en el mundo durante las últimas décadas, mismas que se configuran en las luchas por el control de los recursos limitados naturales y sus reservas, en particular por el bien energético del petróleo. (Hormaeche et al.2008).

Desde su surgimiento como una rama de la geografía, la geopolítica se ha conceptualizado de la siguiente forma: “geo”, que hace relación a la geografía, y que se interrelaciona a su vez con la palabra “tierra”. La palabra política que hace referencia a polís o ciudades. Conjuntamente aquello hace referencia a las relaciones entre estados y naciones a consecuencia de factores geográficos como clima, topografía, recursos naturales renovables y no renovables, además de la fertilidad de la tierra. Para este caso en particular, base de la teoría de agotabilidad de petróleo o “*Hubbert peak*”<sup>7</sup>, acuñada inicialmente en 1956.

El hecho es que, en el precio del petróleo entra un componente difícil de encontrar sobre otras mercancías en torno a su dimensión geoestratégica como fuente de energía, y de la que depende el componente estructural económico de cada país;

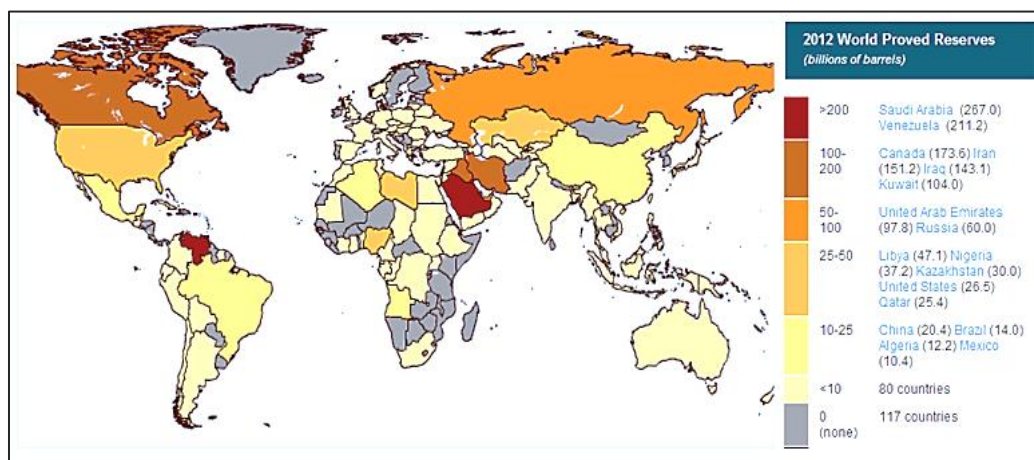
---

<sup>7</sup> La teoría “*Hubbert Peak*” hace referencia al problema de agotabilidad del petróleo bajo el precepto de cénit de producción, que nace del sustento teórico impuesto por el geólogo “King Hubbert”, el cual, para el año 1956 predijo con éxito en el caso de los Estados Unidos un pico o punto de saturación en el año 1970 observándose efectivamente el declinar de forma proporcional de la producción de petróleo a la velocidad que lo hacía antes de llegar a su punto más alto, todo de acuerdo con una típica curva en forma de campana. Es decir una vez se hayan descubierto y explotado los grandes yacimientos mundiales de petróleo, la producción empezará a descender; a la vez que los pequeños campos se harán cada vez más difíciles de identificar y la extracción del crudo se tornará cada vez más costosa, esto según el autor se replicaría en todas las instancias petroleras, así como muchas que ya han sobrepasado la misma.



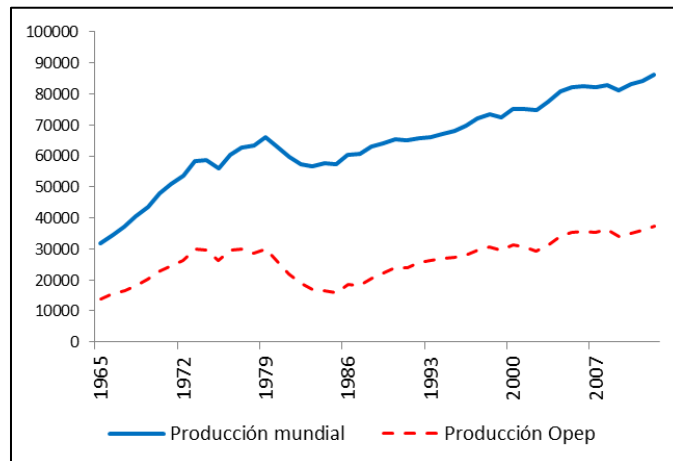
tanto en su confluente de producción de mercancías, como en la consecuente distribución para su comercialización. Estos fenómenos se han transformado en un asunto primordial de las relaciones económicas planetarias desde el fin de la Segunda Guerra Mundial.

**Cuadro 1.5: RESERVAS GLOBALES PROBADAS.**



Fuente: U.S Information Administrative Energy.

A partir del conflicto bélico que representó la segunda guerra mundial de 1945, EEUU surge como una gran superpotencia y consciente del papel vital del petróleo en la economía y la política mundiales, donde va desplazando de Oriente Medio a las dos potencias que hasta entonces se lo habían repartido (Francia e Inglaterra), para hacerse con el control político de los principales países productores de la región (Kuwait, los Emiratos Árabes Unidos, Irán, Arabia Saudí). Para ese entonces, sin embargo, EEUU apenas importaba un 2% del petróleo que consumía (Madroñal 2008). La convergencia de factores como el aseguramiento de abastecimiento, la consecución de nuevas prospecciones, y el negocio con las regiones del planeta donde se conciben las mayores fuentes de producción y reservas del petróleo; se ha convertido para las grandes potencias en una cuestión “de fundamento” para su desarrollo.

**Gráfico 1.1: PRODUCCIÓN HISTÓRICA MUNDIAL (MILLONES DE BARRILES DIARIOS)**

**Fuente:** BP Statistical Review of World Energy 2013.

**Elaboración:** propia

**Cuadro 1.6: TOP CONSUMIDORES MUNDIALES DE CRUDO.**

Estados Unidos	18490
China	10277
Japón	4726
India	3622
Rusia	3195
Arabia Saudí	2861
Brasil	2807
Alemania	2388
Corea del sur	2301
Canadá	2281

**Fuente:** U.S. IAE 2013

La OPEP busca que la oferta o producción mundial no llegue a ser tan elevada para entrar nuevamente en una época de petróleo barato, pero a la vez, no requiere de un escenario donde los elevados precios del crudo conlleven a su paulatina sustitución. En este sentido la OPEP<sup>8</sup> es uno de los actores fundamentales en la determinación de precios (a pesar de su declive de mitad de los años 80s), la cual cubre el 43,2 por 100 de la producción mundial de crudo<sup>9</sup>, con doce países miembros (incluyendo al nuestro

<sup>8</sup> Al finalizar el 2012, la OPEP (organización de países exportadores de petróleo), está integrado por doce países socios: Arabia Saudí, Irán, Irak, Kuwait, Venezuela, Argelia, Angola, Nigeria, Emiratos Árabes, Libia, Qatar y Ecuador; desde donde cabe destacar que cada uno de los socios aporta una cuota de producción limitada que se agrega a la oferta total de crudo desde las organización.

<sup>9</sup> El 57% de la producción mundial de petróleo desligada de la OPEP está determinado por dos oferentes organizacionales al 2012; la NO OPEP con el 40,5 % y la Ex Unión Soviética con control del 1,8% de la producción mundial.

desde el 2007), y controlando más del 80 por 100 de las reservas probadas mundiales al 2012 (cuadro 1.5); bajo el orden de incrementos geométricos en la evolución industrial.

Desde la perspectiva de consumo por su parte, es de esperarse que los precios del crudo se mantengan altos por el declive de yacimientos de crudo, adicionado la dificultad de hallazgo de sustitutivos óptimos de energía petrolera (el carbón y los bioenergéticos se constituyen en buenos bienes complementarios, mas no sustitutivos de del petróleo), y la necesidad de incrementar día a día el consumo para satisfacer el frenetismo industrializante de países como EEUU, China, India y Japón, Alemania, Rusia etc, desde donde EEUU ha retomado ese comportamiento secular histórico en el liderato de las tablas de consumo global (cuadro 1.6).

### **EL TRILEMA: EURO-DÓLAR-PRECIO DEL CRUDO**

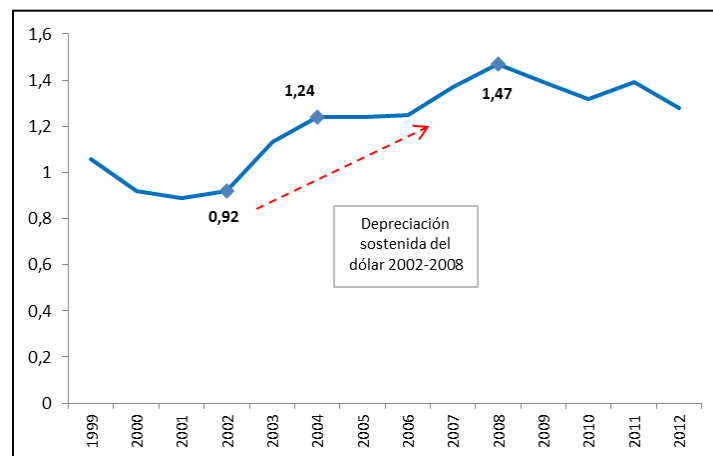
Analizando las oscilaciones en el mercado de divisas, y las fluctuaciones en el precio diario del barril de petróleo podría decirse, que a una desvalorización del dólar frente a otras monedas, se produce, de manera casi instantánea, incrementos en el precio del crudo.

Según Hormaeche et al. (2008), esto puede ser explicado por el *trading* (venta o comercio) en el mercado internacional del petróleo llevada a cabo en dólares, en consecuencia; una devaluación casi constante de éste, hace que aumente la capacidad adquisitiva de compra de la *commodity* para aquellos países con moneda distinta, o concretamente para aquellos con monedas fuertes referenciadas a la territorialidad europea.

Los canales que causan el desplome del dólar se explican por dos vías, el primero la caída de los tipos de interés, y segundo el permanente déficit gemelo (déficit fiscal y comercial) en Estados Unidos. Estos problemas ocasionados por la caída del dólar, como moneda en que se materializan los recursos de los países productores, y las reservas de los bancos centrales desde el final de la segunda Guerra Mundial; se alimentan entre sí y dan lugar a nuevos conflictos entre los bloques económicos. En los 43 años de flotación libre del dólar desde 1971, el dólar ha venido alternando períodos de debilidad y fortaleza con duraciones de entre cinco y ocho años.

En el escenario de las expectativas, un dólar a la baja tiende a llevar al resto del mundo a abandonar los valores en dólares como reservas de divisas (cualquiera que posea valores en dólares va a recibir mucho menos de lo que inicialmente invirtió en ellos), y renunciar a imponer precios de comercio exterior en dólares (con un dólar a la baja los réditos disminuyen a la par que el precio de venta de los productos se desploman), con lo cual paulatinamente se deja de invertir en EE.UU, llevando a tener grandes pérdidas de capital y por ende debilitamiento global .

**Gráfico 1.2: COTIZACIÓN EURO/DÓLAR.**



Fuente: US-forex.

Elaboración: Propia

En noviembre de 2002, la paridad euro-dólar 1:1 era una realidad, que parecía equilibrada e inamovible; en 2004, el tipo de cambio euro/dólar era 1,24; en junio de 2008, se necesitaban casi 1,50 dólares para comprar un euro, luego de este punto cumbre, en el 2012 la realidad es que la depreciación del dólar ha caído en cierta cuantía, pero sigue siendo visible el efecto de poder que posee el euro en la moneda mundial. Si esta condición de dólar debilitado, adherimos la contraparte que son los países exportadores de crudo, los costos del insumo muchas de las veces no son capaces de satisfacer las necesidades de bienes y servicios en el exterior, y con una reducción de los ingresos fiscales advenidos desde esta fuente (Colinas 2008).

## EFECTO ESPECULACIÓN

Los mercados internacionales modernos, negocian el petróleo como un commodity, en el que sus precios deben considerar factores tales como costos de transporte, costos de almacenamiento, costos de los seguros, dependencia de las variables

macroeconómicas, factores climáticos, dinámicas geopolíticas, entre otros (Hull, 2001).

Estos elementos determinan que la compraventa del petróleo bajo la premisa de materia prima, necesiten acudir a mecanismos de cobertura de riesgos de variación del precio en el tiempo. Es decir que al lado de los mercados tradicionales de los setentas y parte de los ochentas llamados *actual market*, *cash market* donde se comercia a precios “*spot*”; se han desarrollado con el tiempo otros mercados definidos como condiciones a término o contrato (*forward* o *futures* con precios de la misma denominación), donde las cantidades, lugares de pago y entrega se dan en una fecha posterior a la negociación, punto desde donde se concentra la problemática de especulación bursátil con las denominadas posiciones “*non commercials*”. (Pyndick 2001).

El asunto de fondo se centra en que los mercados de futuro manejan “instrumentos financieros”, donde el vendedor (posición corta) acepta entregar al comprador (posición larga) la cantidad de petróleo en las condiciones estipuladas por un contrato. El vendedor de un futuro se protege contra el riesgo de caída de los precios en el intercambio de petróleo spot o *cash*, mientras que el comprador de un futuro se cubre contra una posible evolución alcista del precio en ese intercambio físico (que puede entregarse según acuerdos de compraventa con entrega máxima dentro de un mes para ser considerado spot); obteniendo ganancias cuando se produce dicha subida, que le compensa el precio cobrado por el contrato forward, frente al precio real de mercado (Pulitano y Borgucci 2010) .

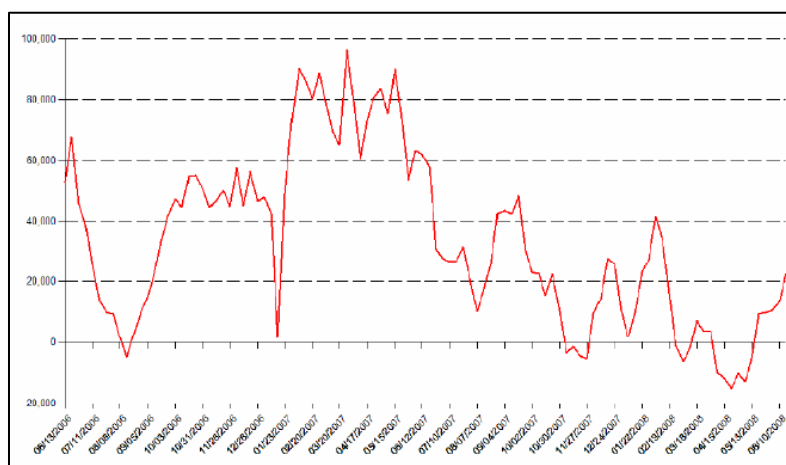
Una vez adquirido el futuro, el comprador puede optar por retener el activo o bien por emitir otro contrato que podrá vender en la bolsa a otro operador que desee comprarlo, generándose un proceso de cotizaciones de los futuros al compás de la oferta y la demanda de contratos. “*Como es lógico, los momentos de mayor incertidumbre o falta de información son aprovechados por los vendedores, haciendo que aumente el número de operadores comerciales (commercials traders) que desean contratar futuros o paper barrels (barriles de papel) para cubrirse frente a posibles variaciones de los precios*” (Palazuelos 2008).

En este mismo orden es importante considerar el papel de los inventarios por parte de los países industrializados, en especial de Estados Unidos, como parte de una

estrategia de una respuesta ante la evolución del mercado de los hidrocarburos, ya que al experimentar un alza en el precio del crudo éstos dejan de comprar crudo y utilizan el almacenado. Entonces si el precio *future* o *forward* es demasiado alto respecto al precio *spot*, sería conveniente comprar al precio *spot* para venderlo luego al precio *future*, favoreciendo el aumento de los inventarios (Pindyck 2001).

En lo referente a la dimensión de los mercados, NYMEX es el mayor centro de intercambio (contractual y físico) de commodities del mundo, siguiéndole en fortaleza operativa *China's Dalian Commodity Exchange* y el *Chicago Board of Trade*, ocupando la cuarta posición ICE Futures. En 2007, el mercado genérico de *commodities* vió incrementado el número de contratos, tanto los físicos como estructurados mediante derivados, en más de 30%, aproximándose a los 1,7 billones de contratos americanos (Colinas 2008).

**Gráfico 1.3: NYMEX; POSICIONES NETAS DE SWAP DEALERS PREVIAS A JUNIO DE 2008.**



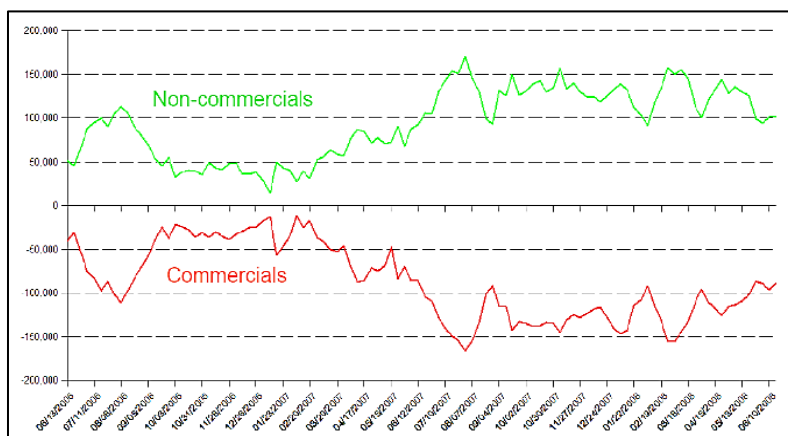
Fuente: USA Commodity Futures Trading Commission

Según la *Commodity Futures Trading Commission* (CFTC), comisión americana que vigila (o al menos en su intención) el funcionamiento del mercado de futuros americano, cifraba que los intereses de carácter especulativo en el mercado del petróleo en el 2008 llegaron a confluir en alrededor del 70% de las transacciones llevadas a cabo en la NYMEX, cifra que supera la posición en el mismo mercado para el año 2000 con una cifra de 37%, recalcando que dichas cifras sólo hablan de la operativa NYMEX exclusivamente, sin contar las posiciones especulativas en los otros mercados.

La misma comisión revela que dentro de este 70% se encuentran los denominados *Swaps Dealers*, que estructuran mayoritariamente sus operaciones en este mercado con el fin de maximizar la cobertura de gestión del riesgo de sus compañías, mediante el denominado *Hedging* comercial (esto para volatilidades de corto plazo del precio de petróleo; Yépez (2012) .

Desde este aspecto, nos encontramos con los “*commercial traders*” (aquellos operadores del mercado que se cubren coberturas por bajadas o subidas de precio en transacciones llevadas a cabo por empresas del sector), por otro lado se encuentran en el mismo mercado los denominados “*non commercial traders*” (Gráfico 1.4) o agentes meramente especuladores, que no se posicionan en el mercado para llevar a cabo coberturas de riesgo, sino simplemente mover fondos con la intención de obtener un rendimiento que otros mercados no le pueden ofrecer. Dicha posición especulativas se vió incrementada desde febrero del año 2007 como se puede apreciar a continuación:

**Gráfico 1.4: POSICIONES NETAS COMMERCIAL-NON COMMERCIAL PREVIAS A JUNIO 2008.**



**Fuente:** USA Commodity Futures Trading Commission

Desde el ámbito generado por los *non commercials*, es importante resaltar la presencia de bancos como *Morgan Stanley* o *Goldman Sachs*, quienes tradicionalmente han poseído un profundo conocimiento de las operaciones en este tipo de mercados (conociendo tanto a los compradores como a los vendedores de los contratos), con lo que es evidente la influencia en los mercados financieros de estos organismos (*non-commercial*), con agravamientos exponenciales en la formación ilícita de este tipo de transacciones. (Colinas 2008).



### 1.2.5 LOS CRUDOS DE REFERENCIA

Definidos los preceptos básicos en la determinación de precios del petróleo, restaría solamente por reafirmar que cada país establecen sus referentes o marcadores a través del connotaje al que mejor se adapten a sus cualidades. Para esto se determinan los siguientes casos.

#### **WEST TEXAS INTERMEDIATED**

Es el tipo de petróleo de referencia en los Estados Unidos y de la mayoría de países Americanos (acogido por el crudo Ecuatoriano). El WTI o “West Texas Intermediate” es un promedio en cuanto a calidad debido a su categoría de crudo liviano (39.6 de gravedad API) y por su categorización de dulce (menos de 0,5% de contenido sulfuroso). Este petróleo es un referente de alta calidad expresado en un precio elevado en el mercado internacional. La determinación de su precio se da en el mercado norteamericano del New York Mercantile Exchange.

#### **BRENT**

Junto con el crudo liviano WTI se constituye como uno de los referentes mas importantes en el mundo. Es el tipo de petróleo de referencia en Europa África y Medio Oriente, que suma un 65% de las diferentes variedades de crudo mundial que toman como referencia para el establecimiento de sus precios. Su gravedad API es de 38.3 grados, que lo califica como crudo liviano que en calidad es algo menor al WTI y por aquello algo más barato. El petróleo Brent se cotiza en dólares en el Intercontinental Exchange, de Londres mediante los instrumentos financieros en los mercados de futuros denominados opciones y futuros del Brent.

#### **DATED BRENT**

Es el contrato de petróleo del mercado físico, donde se intercambian barriles reales de crudo, a diferencia del ICE donde cotizan el contrato de futuros del Brent.

#### **DUBAI**

Es un crudo que sirve de referencia en Asia. Se cotiza tanto en el Singapore International Monetary Exchange (SIMEX) como en el NYMEX. A partir de este se referencia mediante una prima o descuento, otros crudos de la zona que no cotizan en el mercado. La relevancia de este crudo en los últimos años ha crecido paralelamente



a las importaciones de crudo de las economías emergentes asiáticas, entre las que se destaca China.

## ARABIAN LIGHT

El yacimiento de este crudo se ubica en Ghawar y es considerado el mayor del mundo. Hasta el año 1983 constituyó la referencia mundial para el precio del petróleo, debido a su API de 40°. En la actualidad es crudo más liviano y caro del mundo.

## CESTA ORB

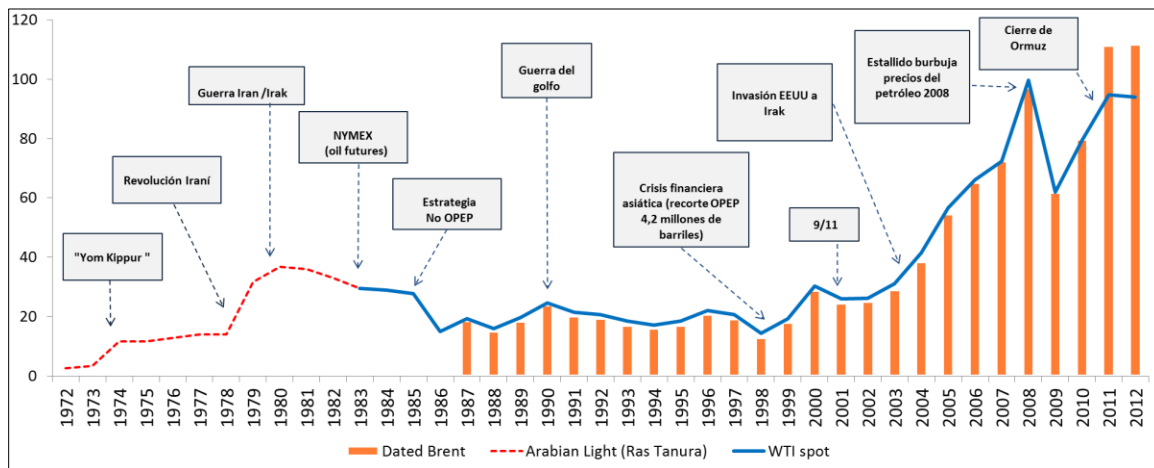
U *OPEC Reference Basket* (ORB) es un promedio cargado con los precios de las “variedades pesadas” producidas por los países de la OPEP. Esta cesta referencia sus precios en así mismo desde diferentes percepciones en las bolsas del mundo (Chique 2011). Las variedades que pertenecen a la Cesta de OPEP son:

- **Arab light:** Su gravedad de API es 34°, azufre 1,78% (*ácido, ligero*). Se extrae en: *Arabia Saudita*.
- **Basrah light:** Su gravedad de API es 33,4°, azufre 1,5% (*ácido, ligero*). Se extrae en *Irak*
- **Bonny light:** Su gravedad de API es 32,9°, azufre 0,16% (*dulce, ligero*). Se extrae en *Nigeria*
- **Es sider:** Su gravedad de API es 36,71°, azufre 0,37% (*dulce, ligero*). Se extrae en *Libia*
- **Girassol:** Su gravedad de API es 31,6°, azufre 0,34% (*dulce, ligero*). Se extrae en *Angola*
- **Iran heavy:** Su gravedad de API es 30,6°, azufre 1,8% (*ácido, mediano*). Se extrae en *Iran*
- **Kuwait export:** Su gravedad de API es 30,5°, azufre 2,52% (*ácido, mediano*). Se extrae en *Kuwait*
- **Oriente:** Su gravedad de API es 24°, azufre 0,88% (*ácido, mediano*). Se extrae en *Ecuador*. (Este análisis se corresponde al posterior reingreso de Ecuador a la OPEP en 2007).
- **Marine:** Su gravedad de API es 36°, azufre 1,42% (*ácido, ligero*). Se extrae en *Katar*
- **Merey:** Su gravedad de API es 16°, azufre 2,45% (*ácido, pesado*). Se extrae en *Venezuela*.

- **Murban:** Su gravedad de API es 39°, azufre 0,78% (*ácido, ligero*). Se extrae en *Emiratos Árabes Unidos*
- **Saharan blend:** Su gravedad de API es 45,7°, azufre 0,09% (*dulce, ligero*). Se extrae en *Argelia*

A manera de resumen lo expuesto en este apartado podría graficarse de la siguiente forma:

**Gráfico 1.5: PRECIOS INTERNACIONALES DEL PETRÓLEO POR EVENTO.**



**Fuentes:** WTRG Economics.

**Elaboración:** Propia

## 1.3 EL CONTEXTO PETROLERO INTERNO.

### 1.3.1 PRODUCCIÓN NACIONAL.

En Ecuador existen dos tipos de crudos; el crudo oriente explotado desde 1967 y el crudo napo explotado desde el 2006. Acorde a su calidad, estos pueden distinguirse de la siguiente forma: el crudo “Oriente” con 24° API y de 1.2% de contenido de azufre, y el crudo “Napo” de 19° API y de 2,03% de contenido de azufre. Ambos crudos producidos internamente por EP Petroecuador, EP Petroamazonas – Ex occidental y Operadora rio Napo (parte de EP Petroamazonas), donde cada uno divide sus operaciones simultáneamente de la siguiente forma:

Según la revisión de los anuarios históricos proporcionados por organismos como la EP Petroecuador, la AIHE (asociación de la industria hidrocarburífera del Ecuador), y

de documentos proporcionados por el BCE (Banco Central del Ecuador) en sus publicaciones sobre división técnica en materia petrolera; la historia y los hechos más importantes que entretengan el andamiaje evolutivo de la explotación y producción de petróleo en el país, podrían enmarcarse bajo dos etapas claramente definidas: la primera comprendida en el periodo 1911-1960, caracterizada por cinco elementos fundamentales: la zona de exploración y explotación fue la costa ecuatoriana en la península de Santa Elena, el crudo encontrado correspondió a más de 32° API (alta calidad), la tecnología aplicada fue primaria, tanto el impacto social como ambiental no fue considerado en la contratación pública y por último, la modalidad legal para su explotación fue la concesión a las compañías extranjera: Anglo y Carolina Oil Company con una producción diaria de 130305 barriles, y desde donde el beneficio directo para el Estado ecuatoriano fue del 1 por ciento bajo la figura de concesión y con beneficio directo para la empresa extranjeras Anglo, subsidiaria de la transnacional British Petroleum (Fontaine 2003).

La segunda etapa, y que perdurará hasta nuestros días, surge a mediados de la década de los 60s con el hallazgo de los primeros yacimientos prospectivos en la región Amazónica y que más tarde, a partir de 1972 se configurarían como el eje transversal en generación de recursos hidrocarburíferos y de recursos monetarios provenientes del recurso.

Efectivamente la segunda etapa petrolera inicia en el año de 1964, con la concesión de 1,43 millones de hectáreas al consorcio Texaco-Gulf en la zona amazónica para los primeros estudios de exploración y explotación del crudo “Oriente” desde 1967 y que más tarde el 18 de agosto de 1972 con 308.238 barriles, comenzase a ser oficialmente comercializado por la Corporación Estatal Petrolera Ecuatoriana (CEPE) en el mercado externo desde el puerto Balao en Esmeraldas, parte constitutiva del Oleoducto Transecuatoriano- SOTE . (Acosta 2000).

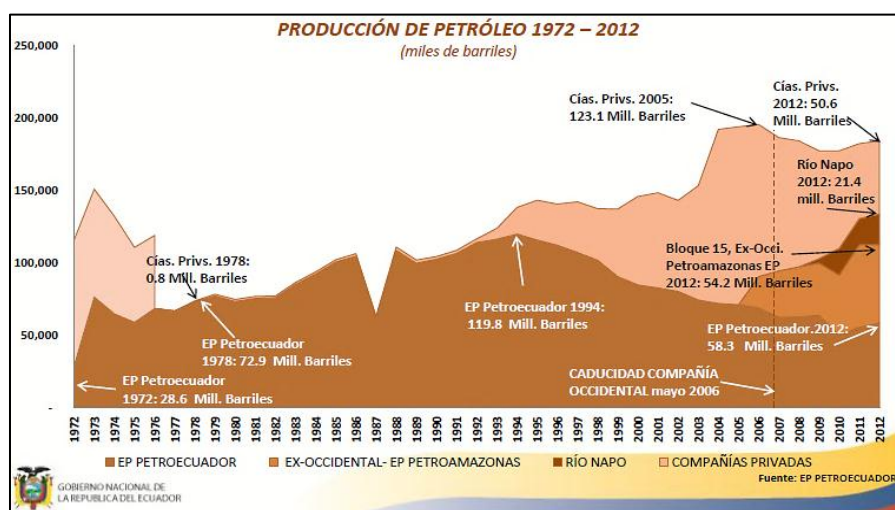
La producción petrolera en la década del boom petrolero de la década de los 70s como promedio llegó a 95 millones de barriles por año, hasta alcanzar 129 millones de barriles durante los noventa apoyado en su mayoría por la industria estatal. Por su parte los años posteriores al 2000 (2000-2012) se presenta como histórica para la producción, generándose en promedio 176 millones de barriles, y alcanzando un pico histórico en el año 2006 con 195 millones de barriles anuales apoyado en su mayoría

por la explotación de la empresa privada; y desde donde su mayor participación se presenta el 2005 con un 63% de la producción total.

En este proceso en el año de 1987 se da el freno más grande sobre la producción interna de petróleo, esto debido al terremoto de marzo de dicho año, que ocasionó un fraccionamiento agudo en el Oleoducto Transecuatoriano SOTE creado en 1970, paralizando las actividades productivas del país por más de tres meses.

A partir de entonces, la producción total al 2012 ha girado alrededor de 170-180 millones de barriles anuales, mismos que se lleva a cabo principalmente en la región oriental del Amazonas, en los yacimientos de Sushufindi, Sacha, Libertador, Cononaco, Cuyabeno, Lago Agrio y Auca (Petroecuador 2013).

**Gráfico 1.6: PRODUCCIÓN INTERNA POR COMPAÑÍAS**



Fuente: Informe económico BCE 2013.

Por otro lado el rol productivo de la empresa privada, que operó en Ecuador a partir de 1964 con Texaco y Gulf, dicha participación en términos generales declinó su actuación a mediados en la década de los 70s.

Esto debido a la incursión del ente estatal CEPE (que en 1989 pasaría a llamarse Petroecuador) con fines nacionalistas respecto del manejo y ejecución de la industria interna<sup>10</sup>. Luego de esto se retomarían nuevamente los roles privado con la iniciación

<sup>10</sup> El ente rector CEPE (Corporación Estatal Petrolera Ecuatoriana), nace legalmente en 1971 conjuntamente con la "ley de hidrocarburos" para tratar de asumir el manejo industrial petrolero interno en sus fases de

de las denominadas “rondas petroleras” a mediados de los 80s, y operando hasta el día de hoy (fundamentado en la apertura a la inversión extranjera directa advenida desde la fuente petrolera). La primera de las empresas extranjeras que entrarían al país bajo esta modalidad sería la compañía “Occidental” u OXY en 1983.

Ante esto, las primeras empresas privadas que entraron al país a ejecutar la dirección de producción, tuvieron un marco legal de ganancias entabladas desde la modalidad de “participación” donde al estado le correspondía el 51,6% de las ganancias del precio de venta y de regalías por un 16% forjado hacia la parte privada<sup>11</sup>. A partir de 1986 con la reapertura de la inversión extranjera directa por “ronda”, se inician los contratos por “prestación de servicios” a partir de las negociaciones basadas en “rondas”, desde donde las compañías privadas invertían y después de declarar la comercialización recuperaban lo invertido y ganaban una comisión por sobre el monto invertido. En mayo de 1999 se suprimen los contratos de “Prestación” de Servicios a “Participación”, según se explica debido “a que no se ofrecían derechos de protección sobre las áreas ni propiedad de los hidrocarburos” (publicación Ekos; junio 2006).

Dada la poca eficiencia del conjunto legal en los tipos de contratos históricos estatales con la base privada, y que a final de cuentas no respaldaban la exigencia de pagos de regalías hacia la participación estatal. El cuatro de octubre del 2007 mediante decreto ejecutivo 662 se ordena la reforma a la ley 42-2006, estableciendo que “en adelante el 99% de las ganancias extraordinarias serían para el estado y el 1% para las compañías privadas.

Con la inclusión de una nueva constitución en el año 2008 se trata de respaldar aún más el rol petrolero estatal por sobre el privado, por ejemplo al uso y recuperación de los recursos petroleros del estado (administración, regulación, control y gestión de los sectores estratégicos), o de creación de ejes de racionalización como fondos

---

explotación, comercialización e industrialización del petróleo. Ambos ejes legales en sinergia obligaron a Texaco-Gulf a devolver al Estado ecuatoriano 930 mil hectáreas de las 1,43 millones adjudicadas en la década de los sesentas. Más tarde en 1976 el Estado ecuatoriano al disponer del mismo dinero generado a partir del petróleo, decide adquirir la participación de la empresa Gulf conformando el Consorcio público privado: CEPE- Texaco, con el 62.5 % de las acciones a favor de la nacional, impulsando la ampliación de su oferta de crudo en los mercados internacionales, así como de la soberanía por sobre activos, acciones y derechos pertenecientes en primera instancia a CEPE- Texaco. (Petroecuador 2012; Memorias varias sobre división técnica histórica petrolera del BCE)

<sup>11</sup> El Ministerio de Recursos Naturales a través del decreto 430 expedido en junio de 1972, introducía siete disposiciones transitorias de reforma a la ley de hidrocarburos, relacionadas con los porcentajes de pago por regalías, impuesto a la renta, el pago por derecho superficiario y la duración de los contratos, entre otras.

---

petroleros ante incrementos no previstos sobre los precios del petróleo y que luego de descontados los costos de producción de Petroecuador ingresen a la cuenta corriente única del tesoro nacional<sup>12</sup>.

Antes de finalizar este apartado, cabe citar que en el año 2006 tras la salida de la primera compañía privada que ingresaría al país bajo cánones de inversión extranjera directa: la OXY u Occidental, el estado nacional se involucra de lleno en la producción del bloque 15 y los campos unificados Edén Yuturi y Limoncocha; desde donde se concibe el segundo de los crudos que se maneja internamente: el “crudo Napo”. Este nuevo denominador interno en conjunción al “crudo Oriente”; determinarán la relación promedio de precios locales. La ejecución en la producción de este crudo es manejada al 2012 por parte del ejecutor EP Petroamazonas bajo el eje rector EP Petroecuador; entes estatales que intercambiarían roles a partir del año 2010<sup>13</sup>, y es que la explotación estatal en su fase histórica estuvo conllevada unilateralmente por la empresa pública Petroecuador (antes CEPE).

### 1.3.2 LA COMERCIALIZACIÓN.

Según el órgano rector EP Petroecuador, los determinantes de comercialización al precio del crudo Oriente como del crudo Napo, se acogen a tres componentes fundamentales<sup>14</sup>.

**EL MARCADOR:** Es el referente del que se derivará el valor del barril de petróleo y que posteriormente servirá para efectos de estimar los ingresos en la proforma presupuestaria, será el precio de mercado de futuros proyectado para el WTI o crudo referencial del Ecuador publicado por agencias u organismos internacionales especializados en la materia (ley LOREYTF Art 36) . Cabe destacar, que de la mano

---

<sup>12</sup> Véase Registro Oficial No. 308 y 408 del 3 de abril de 2008

<sup>13</sup> Luego de su transformación en 1989, Petroecuador se convierte en un “holding” de empresas independientes públicas, conformado de manera permanente por Petroproducción, Petroindustrial y Petrocomercial, y de manera transitoria por Petroamazonas, Transecuatoriana de Petróleos y Petropenínsula SA. A partir del año 2010, mediante la expedición del Decreto Ejecutivo N.º 315, en abril de dicho año, Petroecuador y Petroamazonas se conforman como empresas líderes en el manejo de hidrocarburos estatales, donde las mismas comienzan un proceso de división de funciones reservando a la empresa Petroecuador (EP Petroecuador) exclusivamente el transporte, almacenamiento refinación, comercialización de crudos, gas natural y derivados, y a Petroamazonas (EP Petroamazonas) las fases de exploración y explotación. (Petroecuador 2012).

<sup>14</sup> Para mayor detalle: <http://www.eppetroecuador.ec/idc/groups/public/documents/archivo/001138.pdf>

del WTI la banca central del Ecuador recoge entre sus expectativas adicionales sobre el precio del petróleo analizando adicionalmente el marcador mundial Brent<sup>15</sup>.

**EL DIFERENCIAL:** Como el crudo Oriente (24° API) es de menor calidad que el WTI (39.8° API), el mercado establece una diferencia en los precios, restándole valor al crudo Oriente por su calidad y por las variables que se producen en el mercado internacional de crudo, esta diferencia en los precios se denomina diferencial. Este valor fluctúa de acuerdo a la oferta y la demanda mundial o regional de crudos de características similares a los ecuatorianos, y sus valores se publican en dos informativos internacionales especializados denominados Argus y Platt's, donde Petroecuador consulta para establecer la facturación de sus crudos.

**EL PREMIO:** Este es un valor adicional sobre el diferencial que las compañías compradoras de crudo están dispuestas a pagar. El premio es la razón de ser del concurso de ofertas, pues es el factor que determinará el ganador, es decir, quien ofrezca un premio mayor sobre el diferencial, será quien gane el concurso. El premio ofertado permanece inalterable durante la duración del contrato de venta de crudo, sin opción de cambios ni alteraciones. PETROECUADOR, determina el precio de facturación de sus crudos Oriente y Napo mediante fórmulas, constituidas por el precio del crudo marcador WTI menos el diferencial establecido por el mercado.

$$\text{Precio del crudo} = \text{Precio de referencia} \pm \text{factor de ajuste}$$

Adicionalmente, el crudo Oriente y Napo se colocan en el mercado internacional mediante concursos internacionales de ofertas o a través de contratación directa. La modalidad de estos procesos de contratación puede ser a largo plazo o ventas ocasionales. Las ventas se dirigen a una amplia variedad de clientes que incluyen a refinadores finales, intermediarios y empresas estatales.

Según la normativa internacional acogida por Ecuador la unidad de comercialización es el “volumen” para petróleo y derivados; en donde un barril equivalente a 42 galones americano y donde un galón equivale a 3.79 litros (Petroecuador 2010).

---

<sup>15</sup> Reportes trimestrales del sector petrolero 2012; dirección de estadísticas económicas del BCE.



En cuanto a comercialización externa (exportaciones de petróleo y derivados, así como de la importación de los mismos para abastecer el mercado interno), las políticas se centran en lograr recursos para el país y satisfacer los requerimientos del consumo interno (Petroecuador 2012). Según cita textual<sup>16</sup> del ente especializado, aquello se puede resumir en:

1. Colocar las exportaciones de hidrocarburos en contratos (futures) a corto plazo.
2. Buscar y asegurar mercados para la comercialización de crudos pesados.
3. Diversificar geográficamente las exportaciones
4. Negociar con empresas de probada solvencia.
5. Vincularse con empresas petroleras estatales de la región
6. Programar el abastecimiento de hidrocarburos, como parte del Comité Nacional e importar derivados en función de las necesidades del país.

### 1.3.3 EL DIFERENCIAL

Ecuador exporta su crudo Oriente y Napo desde el Puerto marítimo de Balao en Esmeraldas bajo condiciones FOB (Free On Board), que significa que el vendedor se compromete a colocar el crudo a bordo y, a partir de ese momento, los costos adicionales corren por cuenta del comprador (Gerencia de Comercio Internacional de Petroecuador 2012). La evolución histórica del crudo ecuatoriano es un promedio de cada uno de los precios generados por el mercado internacional proporcionado por el WTI a partir de 1983, antes de este periodo los precios corresponden al marcador Arabian Light (Fontaine 2008).

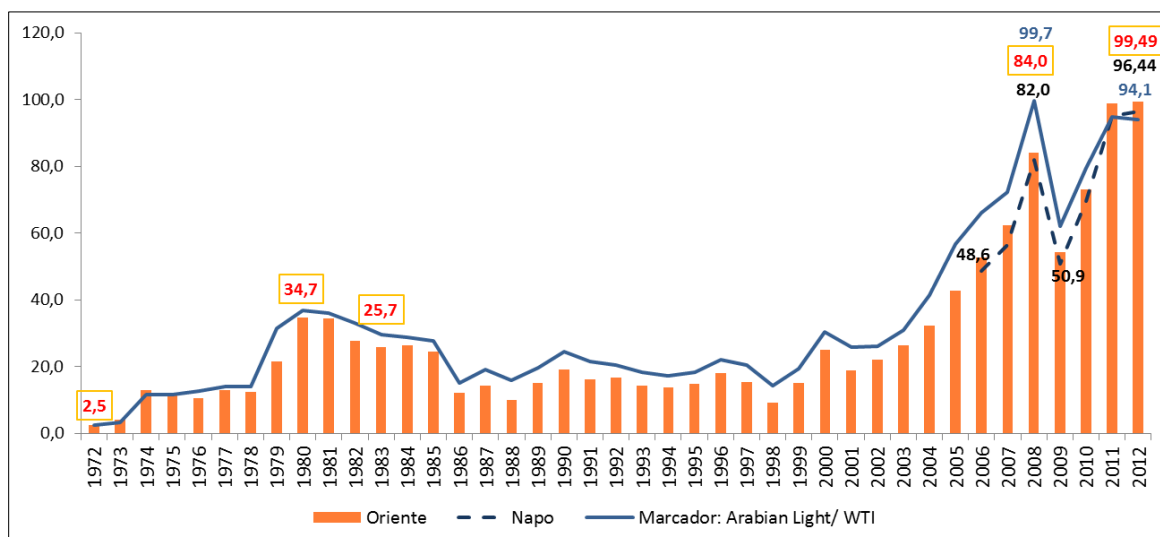
Históricamente el precio del barril del crudo WTI ha superado al de los crudos ecuatorianos hasta alcanzar una diferencia máxima de USD 17.42 en el año 2005. No obstante, debido a problemas de almacenamiento del WTI y a una mejor cotización de los crudos agrios medios y pesados en el contexto internacional, desde el año 2011 las Empresas Públicas han conseguido negociar sus crudos a un precio superior al WTI.

---

<sup>16</sup> [http://www.eppetroecuador.ec/idc/groups/public/documents/peh\\_otros/000494.pdf](http://www.eppetroecuador.ec/idc/groups/public/documents/peh_otros/000494.pdf)



Gráfico 1.7. DIFERENCIALES INTERNOS vs EXTERNOS. .



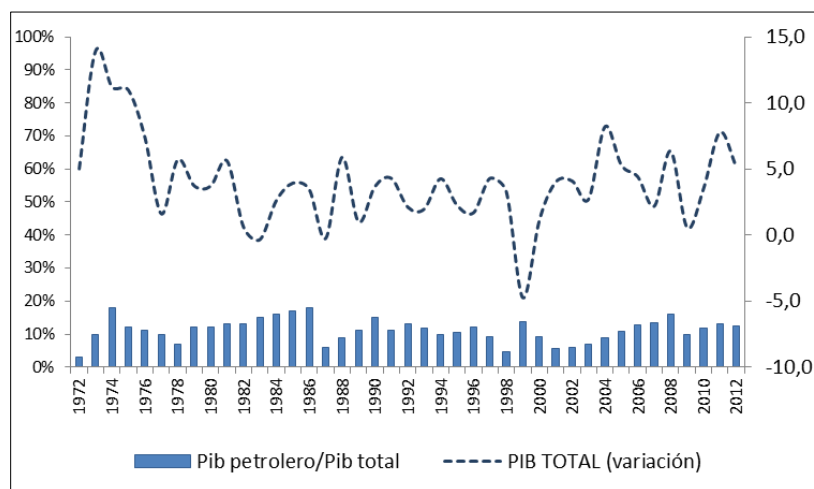
Fuente: Banco Central del Ecuador, Petroecuador.

Elaboración: Propia

### 1.3.4 DEPENDENCIA PETROLERA Y ECONOMÍA NACIONAL.

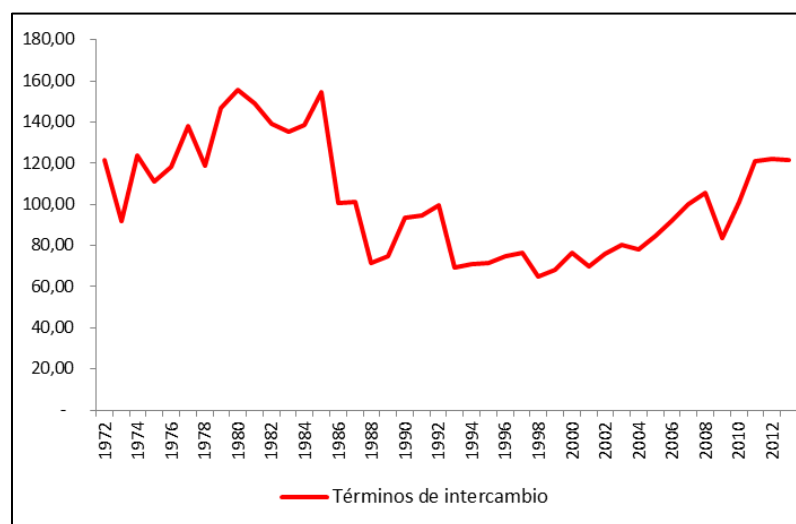
El Ecuador ha estado vinculado a lo largo de su evolución económica, a través del comercio de bienes primarios íconos en diferentes períodos (banano, cacao, flores, camarones etc.). En la década de los setentas, las exportaciones petroleras representaron el 42% como proporción del total. Por su parte en la década de los ochentas dicha relación incrementó en alrededor de 17 puntos porcentuales, y hacia el periodo del 2000- 2012 las exportaciones petroleras representan algo más del 50% de la relación total. Esto ubica al petróleo en términos ponderativos como uno de los ejes centrales del comercio histórico ecuatoriano externo desde 1972.

Efectivamente la bonanza petrolera en los años setenta permitió al país incrementar su crecimiento económico en niveles que evolucionaron desde -5% cinco años antes del boom petrolero, a casi un 70% de variación en 1974, fundamentado básicamente por los precios favorables del crudo internacional a raíz de la guerra de *Yom Kippur*, hecho que hizo que el denominador interno: Oriente, pase en agosto de 1972 de 2.5 dólares por barril, a 4.2 dólares en 1973 y a 13.7 dólares en 1974, propiciando un incremento notable sobre nuestros términos de intercambio.

**Gráfico 1.8 PRODUCTO INTERNO PETROLERO/TOTAL.**


**Fuente:** 85 años de información del BCE

**Elaboración:** Propia

**Gráfico 1.9. TÉRMINOS DE INTERCAMBIO (CON PETRÓLEO)**


**Fuente:** BCE boletines varios.

**Elaboración:** Propia

Al finalizar los años 70s un nuevo incremento del precio del crudo en el mercado petrolero, conlleva a que los precios del crudo se elevaran a 35,2 dólares el barril, destacándose en este lapso la variación positiva más importante en 1979 debido a la crisis entre Iran e Irak, donde el aporte petrolero que gatilló nuevamente una gran mejora sobre los términos de intercambio representó un 68 por 100 del total de las exportaciones.

Desde la parte fiscal, tal y como lo señala en Fontaine (2002), tomó un rol preponderante en la economía ecuatoriana la absorción de excedentes petroleros, desde donde para 1971, los ingresos petroleros representaban el 6% del total de ingresos del Gobierno Central. Al finalizar los 70s, este rubro representaba el 44%, y la reserva monetaria internacional crecería de 25 millones de dólares en 1970 a 863 millones en 1979.

Dado el remanente fiscal obtenido desde la base petrolera, las inversiones públicas no se hicieron esperar, demandando de bienes de capital y bienes intermedio importados (para 1975, el 87% de las importaciones correspondía a bienes de capital y consumo intermedio). El ingreso marginal no podía superar el gasto marginal, lo que llevó a niveles de endeudamiento elevados.

El saldo final de la deuda externa entre 1971 y 1983 se multiplicó por 30 veces (Acosta 2000), confluenciada además de un gasto público exacerbado; por las fluctuaciones de las tasas de interés en el préstamo internacional que incrementaron del 2% en los 70s hasta tasas del 18% en los 80s.

Por si fuera poco, y adicionado al alto grado de endeudamiento interno que despegó desde finales de los años 70s, los años 80s estuvieron determinados por varios eventos negativos que marcaron la década. El desastre natural del niño de 1982 y 1983, la caída de precios en el mercado internacional de petróleo en 1985, extendiéndose hacia 1986 y 1987, y el colapso del oleoducto SOTE en 1987 que paralizó totalmente las actividades petroleras por un periodo extendido de siete meses.

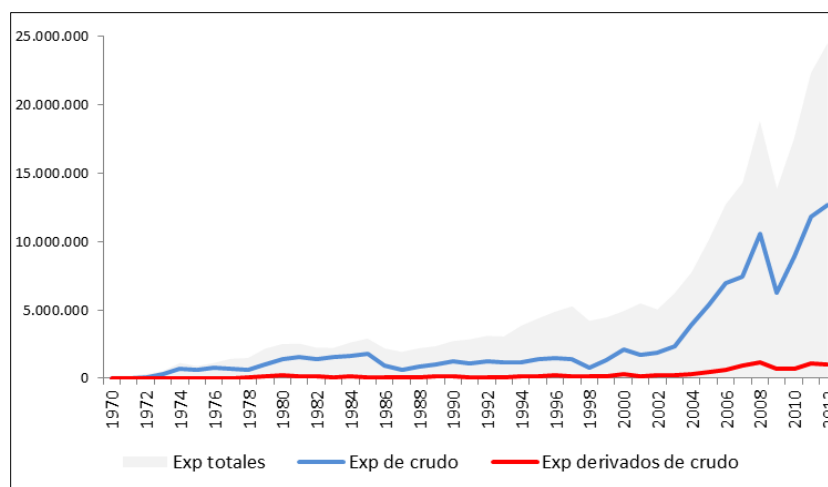
A esto se adicionó un malestar generalizado internacional advenido desde eventos como la moratoria de la deuda externa mexicana y la imposibilidad de pago de los compromisos financieros adquiridos por parte de los países en desarrollo (hecho determinante en el cierre del financiamiento externo para América Latina y en la posterior elevación de las tasas de interés en el mercado internacional), y por último debido la contracción del comercio internacional debido a la baja en los precios y demanda de productos primarios y, a restricciones al comercio por parte de Estados Unidos.

El fenómeno de “El Niño”, entre 1982 y 1983 inundó gran parte del litoral ecuatoriano, destruyendo la producción agrícola no sólo para el consumo interno sino, sobre todo, para la exportación. Las plantaciones de banano, café y cacao desaparecieron, limitando la oferta exportable del país, con la consiguiente reducción en el ingreso de divisas. Se estima que el costo de este desastre natural ascendió a cerca de los 3.000 millones de dólares.

Luego de 1983 se logra una mejora contrastante a esta etapa de crisis en el país, advenido desde el campo fiscal base petrolero, y desde donde los ingresos petroleros alcanzarían el 60% del total de operaciones del gobierno central en 1985, frente a los recaudos impositivos y de otras fuentes no petroleras (Acosta 2000).

En 1986, en la vigencia de la administración de Febres Cordero en menos de un año el precio del crudo en el mercado mundial descendió de U\$ 25.90 a U\$12,.0 el barril, donde los términos de intercambio mostrarían una reducción de 24%, debido a las estrategias No OPEP en las operaciones mundiales de crudo, reduciéndose la producción en los países netamente exportadores extendiéndose hasta finales de los 80s.

**Gráfico 1.10: EXPORTACIONES; TOTALES, CRUDO, DERIVADOS.**



**Fuente:** 85 años de información del BCE

**Elaboración:** Propia

Más tarde, un terremoto en marzo de 1987, destruiría un importante tramo del oleoducto transecuatoriano. Esto obligó a suspender las exportaciones petroleras por más de 7 meses, lo cual significó una disminución del volumen de las exportaciones

petroleras en más del 37% con respecto al año subsecuente, observándose un deterioro inmediato en la balanza comercial entre 1987 y 1988 en -21.8%, haciendo que la caja fiscal de los ingresos petroleros alcanzara uno de los mayores déficit entre 1985 y 1987 de - 2.3% del PIB.

Paralelamente esto conllevó a una restricción de nuevos desembolsos externos por la suspensión del servicio de la deuda externa, hecho que incidió en la caída de su valor en el mercado secundario y posteriormente en la aplicación del proceso de conversión de deuda externa por inversión debido a la disminución de los ingresos petroleros (Naranjo 2004).

Las principales políticas de ajuste para este periodo de inestabilidad fueron: unificación cambiaria, traslado de las operaciones privadas en moneda extranjera hacia el mercado libre de cambios; tasas de interés de libre contratación, restricción del crédito al sector público y privado, control del gasto público y suspensión de pagos de la deuda externa.

Durante el mandato del Dr. Borja Cevallos que inició en agosto de 1988, se implementó, a diferencia de la administración anterior, una política de ajuste gradual, dentro del cual la recuperación del sector externo cobró especial importancia lográndose reducir en alto grado los desequilibrios que afectaron a la economía en 1987. La balanza comercial se normalizó en este año pese a los bajos precios del crudo; el nivel de las reservas mostró una recuperación constante hasta alcanzar U\$760 millones a finales de 1991. En este resultado influyó notablemente la recuperación de los precios del petróleo en los años 89 y 90 determinado en las confluencias geopolíticas de la guerra Kuwait-Irak.

La década de los noventa inició entonces bajo un entorno de comercio exterior favorable caracterizado por buenos precios del petróleo que llegaron a posicionarse en un promedio de \$20 por barril, así como por el boom de exportaciones no petroleras, advenidas desde el campo de las flores, con el respectivo auge sobre la producción de camarón. Así también esta década está influenciada por el incremento de la inversión extranjera petrolera con apertura desde mediados de los 80s con su respectivo génesis en las denominadas “rondas petroleras”.

Pero tal y como aconteció en los 80s, los aspectos relativamente positivos sobre la economía interna, se contrarrestaban por ambientes negativos que se sobreponen a

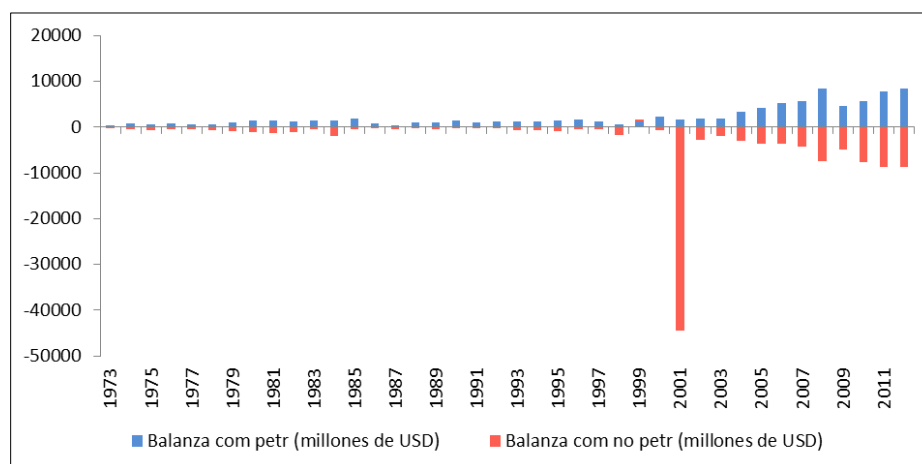
los primeros como por ejemplo, los propiciados políticamente, a partir de una “exacerbada” liberalización financiera desde mediados de los 90s como gatillante directo a la crisis de 1999.

De manera exógena por su parte lo propiciado desde eventos climáticos como el fenómeno del niño en 1997, y la crisis financiera internacional de los países asiáticos, conllevaría una nueva caída de precios del petróleo, con efectos subyacentes en recortes importantes de alícuotas OPEP (Naranjo 2004). En esta década el producto interno bruto promedio refleja un porcentaje de crecimiento del 4%, respecto al 1% de los ochentas, y 18% de los setentas.

Por su parte las exportaciones advenidas desde la base petrolera en esta década de los noventas como porcentaje de las exportaciones totales, se presentan a la baja con un promedio del 40%, y desde donde la balanza comercial se sostiene fundamentalmente por la proliferación de productos de categoría “no petroleros”.

El año 1999 se presenta como el punto de eclosión de eventos negativos, el producto interno bruto cayó como nunca a tasas del -30%, y con un déficit fiscal de 4,2% respecto al PIB. Así con una situación de déficit fiscal y alta carga del servicio de la deuda en 1999, por lo que el país deja de pagar los bonos Brady (considerado como el instrumento catalizador en la renegociación de deuda existente hasta aquel entonces).

**Gráfico 1.11: BALANZA COMERCIAL; PETROLERA VS NO PETROLERA**



**Fuente:** 85 años de información del BCE

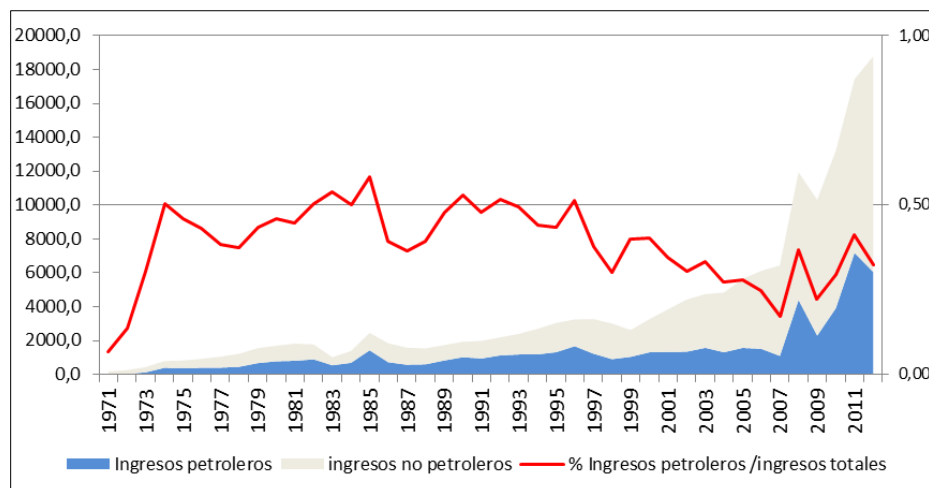
**Elaboración:** Propia

Esa conglomeración de adversidades económicas, conlleva a la necesidad de proteger el sistema financiero y contener un proceso de hiperinflación exponencial en camino, por lo que se decreta en marzo de 1999 un congelamiento de depósitos bancarios denominado “feriado bancario”.

Meses más tarde en el año 2000 se presenta como solución definitiva, la sustitución del sucre por el dólar, fijando la paridad 25000: 1(25000 sucres por dólar), como proceso de transición que demoraría en total seis meses, y que sería promulgada por la ley Fundamental de Transformación Económica (Trole I)<sup>17</sup>, aprobada por el Congreso el 1 de marzo de 2000, con condicionantes adicionales como la venta de las empresas del estado para salir de la crisis económica.

Tras la instauración de una nueva moneda de circulación legal, la economía del país retoma épocas de estabilización con un crecimiento promedio del 12%. Respaldado por el advenimiento de incrementos paulatinos en los precios internacionales del petróleo, en línea con los términos de intercambio, desde donde se comienza a mostrar mejoras notables para el año 2003 en el contexto comercial externo, con transmisiones a la balanza comercial (superavitaria en tres periodos continuos 2006, 2007, 2008, cimentado en las altas exportaciones petroleras, que a partir del 2006 representan más de la mitad de las exportaciones totales

**Gráfico 1.12: INGRESOS FISCALES PETROLEROS - NO PETROLEROS.**



**Fuente:** 85 años de información del BCE

**Elaboración:** Propia.

<sup>17</sup> Registro Oficial No. 34 del 1 de marzo de 2000.

Desde la base fiscal por su parte, tras el periodo de cambio de moneda, el ingreso petrolero como proporción del total fiscal provee beneficios promedios del 32%, desde donde el año 2011 se marca como uno de los mejores años en dicha obtención con alrededor de 7190 millones de dólares (tanto por las modificaciones legales del beneficio extranjero en torno a los excedentes obtenidos, así como el contexto favorable externo que tomo repunte desde finales del 2010 por la conflictividad nuclear situada en medio oriente). Cabe destacar que los ingresos no petroleros a partir del año 2007 tuvieron un fuerte repunte sobre la caja fiscal del estado, sustentado básicamente por las recaudaciones tributarias que alcanzaron los 44.183 millones, y que según estadísticas del Servicio de Rentas Internas (SRI) superarían en casi 43 puntos porcentuales a los ingresos petroleros que entre el 2007 y el 2012 ascenderían a 25.085 millones.



## CAPÍTULO 2

# CRECIMIENTO Y PETRÓLEO

### ; FUNDAMENTOS TEÓRICOS

---

La literatura empírica sobre commodities, han demostrado evidencia de que sus precios, presentan en general una volatilidad muy pronunciada, sustentada en condiciones puramente exógenas y subyacentes en la dinámica de los mercados en los que cotizan sus valores.

Para el caso del petróleo, decíamos, sus precios están sujetos a frecuentes shocks, cuyo origen es generalmente geopolítico (guerras por el control de reservas), especulativo (por el aprovisionamiento de inventarios ante posibles shocks de oferta), y de depreciación/apreciación de la moneda referente en el de comercio mundial (el dólar).

Dadas las particularidades de la evolución de los precios del petróleo y su importancia estratégica como fuente primaria de energía a nivel mundial, se ha abierto nuevamente un campo de interés creciente de la investigación por los temas relacionados con el impacto de los precios del petróleo sobre la economía mundial, esto debido fundamentalmente a los precios cumbres alcanzados a partir del año 2008 en diversos marcadores globales. Pero sin duda, a decir de la evidencia global respecto al tema, la génesis de estos procesos investigativos cobraron importancia a raíz de los eventos de inflación y recesión generalizada (fenómeno que a partir de aquel entonces sería bautizado como de “estanflación”), observados tras el primer gran shock petrolero registrado a inicios de la década de los 70 y que conllevaría a crisis profundas en los países industrialmente dependientes de dicho recurso. La preocupación inicial de los investigadores económicos radicó en determinar entonces si los shocks de oferta repentinamente registrados, se trataban de fenómenos de carácter permanente o transitorio, y de cómo los gobiernos podían ajustar sus políticas (en especial la monetaria) a tales circunstancias.

Hoy en día los estudios empíricos que exploran la relación entre petróleo, y sus estados subsecuentes sobre la economía en general, pueden clasificarse en tres grupos.

El primero concentrado en el impacto del insumo natural sobre el crecimiento agregado partiendo de extensiones del modelo neo-clásico donde se incluye el precio del petróleo como un factor más en la producción (Solow 1974, Dasgupta & Heal 1974, 1979, Stiglitz, 1974, y Hamilton 2005).

El segundo confluente se dedica a explorar los canales sectoriales a través de los cuales los precios del petróleo terminan por afectar los precios de otros productos industriales (Regnier 2007)<sup>4</sup>, la intensidad en el empleo de los factores (Hamilton 1988, Bretschger 2006, Lee & Ni 2002) y la generación de presiones cambiarias, que afectan la competitividad de sectores dedicados a la producción de bienes transables en el mercado internacional. En este contexto, el cambio de precios del petróleo afecta el costo de producción a través del consumo de derivados (combustibles y otros productos de la refinación), influyendo de diversas maneras en las decisiones de inversión en bienes durables que son complementarios con el consumo de derivados (equipo de transporte), y con efectos de carácter sustitutivo por fuentes de energía más baratas y eficientes.

En un tercer enfoque; otros investigadores se dedican a analizar empíricamente el impacto de los precios del petróleo sobre diversos agregados económicos, entre ellos: el crecimiento total, consumo privado, balance fiscal, etc. (una revisión detallada de estos aspectos puede ser consultada en Killian 2008 y Barski y Killian 2004). Así mismo da la casualidad que existen direccionamientos seculares que agrupan las experiencias del impacto asimétrico que poseen los precios del petróleo sobre los países exportadores e importadores del insumo, los trabajos más destacado respecto al tema se puede encontrar en Bjornland (2000); y Jiménez-Rodríguez Sánchez (2004) desde investigaciones de la banca central Europea.

Una mirada general a las referencias históricas más importantes desde los años 70s asociadas al estudio de “crecimiento y petróleo” se puede encontrar en:

Rasche y Tatom (1977)

Estos autores en un estudio para EEUU mediante una función de producción Cobb-Douglas concluyeron que el precio del petróleo era significativo entre cuatro y cinco puntos porcentuales sobre el crecimiento de la productividad.

### Hamilton (1983)

Analizó la posible existencia de una correlación entre el incremento del precio del petróleo nominal y las fases recesivas del ciclo económico estadounidense. Hamilton concluyó que siete de las ocho recesiones posteriores a la segunda guerra mundial habrían sido precedidas por incrementos en el precio del barril de petróleo. La conclusión de Hamilton se puso en entredicho especialmente a mediados de los 80's debido a que ante la baja del precio del petróleo, la economía de Estados Unidos no presentó crecimiento.

### Burbidge y Harrison (1984)

Aplicando herramientas de impulso-respuesta<sup>18</sup> estudiaron los efectos económicos del precio del petróleo en países como Canadá, Estados Unidos, Japón, República Federal Alemana y el Reino Unido. Las conclusiones fueron que hubo diferencias en los efectos generados por los choques petroleros ocurridos en 1973-1974 y los sucedidos entre 1979 y 1980. El impacto económico mundial en aquel último choque fue mínimo para las economías en cuestión (excepto Japón) mientras que el impacto económico del choque de 1973 fue mayor a nivel internacional.

### Mork (1989)

Señala que la selección del precio de referencia es esencial para capturar su efecto sobre el crecimiento. Así, al evaluar por separado el impacto de choques de precios positivos y negativos se encuentra que existen efectos asimétricos en el sentido que las recesiones causadas por incrementos inesperados en el precio del petróleo, no son compensadas por una mayor expansión del crecimiento cuando se presenta una reducción de precios

### Bjornland (2000)

En un estudio aplicado a Alemania, Reino Unido, Noruega y Estados Unidos a través de modelos SVAR (vectores autoregresivos estructurales) se encuentra que para dichos países excepto Noruega, un shock adverso sobre los precios externos tenían un efecto negativo sobre el crecimiento en el corto plazo (solo Estados Unidos mostró una extensión prolongada negativa en el largo plazo). En torno al desempleo el

---

<sup>18</sup> Corresponde a una de las funcionalidades de predicción desarrolladas desde los modelos de vectores autoregresivos.

incremento de los precios del petróleo tuvo mayores efectos en EEUU y Alemania en el corto plazo, mientras que para el caso de RU y Noruega los niveles cayeron mínimamente en el corto plazo y se normalizaron en el largo plazo.

Jiménez-rodríguez y Sánchez (2005)

Verificaron la relación entre el precio real del petróleo y variables macroeconómicas como crecimiento, inflación, tipo de cambio, tasas de interés y nivel de empleo, empleando impulso-respuesta para los países de Japón, Canadá, Alemania, Estados Unidos, Reino Unido, Francia, Italia y Noruega. Las conclusiones fueron que los incrementos en el precio del petróleo tuvieron un mayor impacto que sus reducciones. Adicionalmente, concluyeron que un aumento de precios tuvo repercusiones diferentes en los países importadores donde todos vieron reducir su actividad económica (a excepción de Japón). Para el caso de los países exportadores los resultados del alza del precio del petróleo fueron diferentes, para el Canadá y Reino Unido las consecuencias fueron negativas mientras que para el caso de Noruega, estas fueron positivas.

Peersman- Van Robays (2009)

En un análisis para varios países desarrollados bajo restricciones de signos, se estudian diversos elementos subyacentes petroleros sobre el crecimiento, encontrando que un *shock* adverso de oferta de petróleo tiene un impacto permanente en la actividad de los países importadores de energía, mientras que es nulo o bien positivo para los exportadores netos. El efecto inflacionario también es menor en el segundo grupo, posiblemente debido a presiones apreciatorias que siguen al alza del petróleo. Por otro lado, una mayor demanda por petróleo o más actividad mundial y el consiguiente aumento en el precio del crudo, tienen efectos similares en distintos países. En particular, la actividad aumenta de manera transitoria con un *shock* de actividad mundial, pero cae si hay un *shock* específico de demanda por petróleo.

## 2.1 ENFOQUES DE CRECIMIENTO ECONÓMICO; APROXIMACIONES TEÓRICAS.

Se conoce como crecimiento económico al aumento sostenido de la cantidad de bienes y servicios producidos por un país, generalmente medido por aumentos en la tasa de crecimiento del PIB (Producto Interno Bruto), y desde donde, la teoría tradicional indica que la misma se debe a la convergencia de dos insumos básicos: capital  $K$  y trabajo  $L$ .

El desarrollo teórico sobre este determinante despegue con los modelos neoclásicos desarrollados por Solow (1956) y Swan (1956); que toman características dinámicas con los trabajos de Cass (1965) y Koopmans (1965) utilizando los denominados métodos de optimización intertemporal de Ramsey (1928) para explicar el comportamiento óptimo de consumo y ahorro de los agentes; deduciendo en estos modelos neoclásicos que existen rendimientos decrecientes para el trabajo y capital y que el crecimiento a través de la acumulación de capital per cápita converge a un estado estacionario. Ante esto, los autores neoclásicos concluyen que el crecimiento económico y aumentos de productividad en el largo plazo son generados por confluencias tecnológicas exógenas a sus modelos.

Los modelos de Romer (1986) y Lucas (1988) por su parte dan un nuevo impulso a la teoría del crecimiento con los modelos de “crecimiento endógeno”, determinando que el crecimiento en el largo plazo no se debe a factores exógenos como se plantea en los modelo de Solow. El modelo de Romer (1986) trata de explicar el crecimiento económico en el largo plazo al eliminar los rendimientos decrecientes del capital. Esto a través de incluir las externalidades positivas en la acumulación de capital a nivel agregado. Las externalidades, denominadas “*learning by doing*” representan el conocimiento productivo que se deriva de la inversión en capital físico, proceso que es gatillado desde la estructura de inversión en la especialización de la mano de obra. También el modelo presenta el supuesto que el conocimiento o nivel tecnológico es un bien público, por lo que al darse un invento o nuevo conocimiento en una empresa, éste se esparce a toda la economía. Esto es conocido como “*knowledge spillovers*”. Estas externalidades hacen que el modelo neoclásico se convierta en un modelo lineal del tipo AK, desarrollado posteriormente por Rebelo (1991). Este tipo de modelo permite que no haya rendimientos decrecientes del capital y que se pueda tener una tasa de crecimiento positiva y constante en el largo plazo

El modelo de Lucas (1988) trabaja con dos sectores de la economía, donde uno se dedica a la producción de capital humano y el otro a la producción de bienes. El modelo concluye que en el largo plazo el capital humano determina el crecimiento debido a que no existen rendimientos decrecientes en su acumulación. El modelo se convierte en el denominado modelo AK en la función de producción de capital humano. La crítica de Solow (1994) a los modelos del tipo AK es que hacen necesario que el coeficiente que explica la elasticidad del capital (sea físico o humano) tiene que ser exactamente igual a 1 para que el crecimiento no explote, lo que es poco probable que ocurra.

Romer (1990), Aghion y Howitt (1992) y Grossman y Helpman (1991) por su parte presentan modelos en que el mercado premia a las empresas que logran hacer avances tecnológicos o nuevos inventos al otorgarles poder monopolístico y ganancias positivas por algún tiempo. Esto motiva a las empresas a invertir en desarrollo e investigación (I+D) de nuevas tecnologías, lo que genera que endógenamente se den aumentos de la productividad total de factores (PTF) y el crecimiento económico sea sostenible en el largo plazo.

Otras líneas de pensamiento importante para entender el crecimiento económico, está determinado por la participación del recurso natural como insumo productivo adicional al capital y trabajo en la función productiva, esto se puede encontrar en trabajos desenvueltos por Dasgupta- Heal, Hartwick, Gylfason y Zoega.

### 2.1.1 LOS MODELOS DE DASGUPTA-HEAL Y LA REGLA DE HARTWICK.

Desde el punto de vista general el recurso natural se considera como un insumo al proceso productivo. El análisis del uso del petróleo dentro de este contexto requiere un esquema que pueda compatibilizar el uso eficiente del recurso “agotable” natural dentro de la perspectiva análoga al capital físico y humano como es común en la teoría de crecimiento. Los trabajos pioneros en esta área son desarrollados por Dasgupta y Heal (1974), en “*The Optimal Depletion of Exhaustible Resources*”.

Los autores presentan una función de producción donde el uso del insumo petrolero reemplaza al trabajo. Su objetivo es centrar la atención en la posibilidad de sustitución del recurso petrolero por capital. La función de producción al stock de capital en el punto temporal y al insumo petrolero. El proceso de producción produce un bien común, que puede ser utilizado para la inversión (adiciones al stock de capital) y el consumo de la siguiente forma:

$$Y(t) = F(K(t), q(t)) = I(t) + c(t) \quad (2.1)$$

Donde es el consumo se representa por  $c(t)$  y la inversión neta por  $I(t)$  (sin considerar la depreciación). El problema de optimización dinámica se puede plantear:

$$W = \max \int_0^{\infty} u(c(t)) e^{-\alpha t} dt \quad (2.2)$$

Esto significa la maximización del valor presente de la utilidad que provee el consumo del agente representativo a lo largo de toda la trayectoria temporal, donde la

elasticidad de la utilidad marginal que proporciona el consumo es  $\eta(c) = -cu''(c)/u'(c)$ . El funcional (2.2) está sujeto a las condiciones según la cual el producto se distribuye entre consumo e incremento del capital y el hecho de que el recurso natural petrolero usado como insumo productivo es agotable:

$$c(t) = F(K(t), q(t)) - I(t)$$

$$I(t) = \frac{dK}{dt} = \dot{K}(t)$$

$$\frac{dS(t)}{dt} = \dot{S}(t) = -q(t)$$

$$0 < S(t) \leq S_0 \quad (2.3)$$

La función de producción se puede considerar homogénea de grado uno, cóncava, doblemente diferenciable con las condiciones usuales. Al expresar la función en “forma intensiva” respecto al insumo petrolero, se tendría:  $x(t) = K(t)/q(t)$ ,  $f(x(t)) = F(\frac{K(t)}{q(t)}; 1)$

Donde el producto por insumo petrolero sería  $y(t) = \frac{K(t)}{q(t)}$

La posibilidad de sustitución entre los insumos se plantea en la forma usual de la teoría de la producción, considerando la elasticidad de sustitución entre el recurso natural petrolero por capital. Se define la elasticidad de sustitución por:

$$\sigma = \frac{-f'(x)(f(x) - x(f'(x)))}{x(f(x))f''(x)}$$

Siguiendo a Hamilton para resolver el problema (2.2) con sus restricciones, se plantea como;

$$H = e^{-\alpha} u(c(t)) + e^{-\alpha} p(t) (F(K(t), R(t)) - (c(t)) + \lambda(t)(-q(t)))$$

Donde  $p(t)$  es el precio del bien producido. Indicando las derivadas de la función de producción respecto a los insumos por subíndices  $F_K, F_q$  las condiciones que se obtienen de la optimización dinámica son;

$$\dot{p}/p = \frac{1}{p} \frac{dp}{dt} = F_K - \rho \quad (2.4)$$



$$\dot{c}/c = \frac{1}{c} \frac{dc}{dt} = (F_k - \rho)/\eta(c) \quad (2.5)$$

$$\dot{x}/x = \frac{1}{c} \frac{dx}{dt} = \sigma \frac{f(x)}{x}; \quad (2.6)$$

Esta ecuación (2.6) establece la dinámica del insumo “intensivo” (capital por unidad de recurso agotable) de la función de producción, y por tanto la tasa de crecimiento de la producción de largo plazo. Sin tomar en cuenta los aspectos tecnológicos, una economía con un stock de capital reproducible que se puede incrementar a través de la inversión y un recurso agotable como el petróleo como insumos centrales de su función de producción, depende para su crecimiento a largo plazo de la elasticidad de sustitución entre el recurso agotable por el capital reproducible, algo realmente loable ante la posibilidad intermitente de pico o saturación de la curva Hubbert. Evidentemente se trata de una sustitución eficaz, donde el capital reproducible tenga la capacidad de generar crecimiento, indicando además que el cociente capital-recurso natural (petrolero) tiene una tasa de crecimiento que depende de dos factores, la elasticidad de sustitución del recurso natural por capital, y del producto por unidad de insumo en forma “intensiva”  $f(x)/x$ . Mientras más fácil sea la sustitución (representada por una elasticidad de sustitución elevada) y mientras más importante sea el capital (representado por el producto promedio en forma “intensiva”), más se sustituye el recurso natural por capital y podría asegurar el crecimiento de largo plazo.

Dasgupta y Heal consideran una función de producción con Elasticidad de Sustitución Constante (ESC) para precisar esta idea central, si se depende de un recurso natural agotable, para garantizar el crecimiento de largo plazo es necesario sustituirlo por stock de capital que se pueda incrementar. Si la elasticidad de sustitución del recurso petrolero por capital es mayor a la unidad  $\sigma > 1$  no existen problemas para el crecimiento. En el caso “opuesto”, si la elasticidad de sustitución es baja  $\sigma < 1$  (menos que uno), a medida que se agote el stock natural la producción tiende a cero, a menos que existan cambios tecnológicos importantes en la función de producción.

Cuando la elasticidad de sustitución es la unidad, la función de producción es una función Cobb-Douglas y el comportamiento de largo plazo depende de las elasticidades de la producción respecto a sus insumos. Cuando la elasticidad de la función de producción respecto al capital es mayor que respecto al recurso natural, existen trayectorias temporales donde el producto puede crecer en forma continua y



trayectorias donde permanece constante. Como lo demuestra Hartwick (1997), en *“Intergeneracional Equity and Investing the Rents of Exhaustible Resources”*, la trayectoria donde el producto es constante se caracteriza por un nivel de inversión en el stock de capital físico que mantiene el valor total de todos los stocks (el de capital y el recurso natural agotable) constante, con una inversión eficaz igual a la renta que genera el recurso natural. Esta es la llamada Regla de Hartwick enfocada a países dependientes de recursos petroleros, donde el stock petrolero es agotable. El crecimiento hacia el largo plazo (sin tomar en cuenta la posibilidad de innovaciones tecnológicas) implica utilizar la renta petrolera en creación de capital reproducible en forma eficiente.

### 2.1.2 EL RECURSO NATURAL COMO INSUMO PRODUCTIVO.

En contraposición a la teoría de suprimir los insumos productivos para solo para considerar dos stocks, a la manera de Dasgupta y Heal (el capital físico y el recurso natural agotable) según este enfoque se podría incorporar tres elementos de análisis a una función tipo Cobb Douglas siguiendo los estudios de Hamilton (2005) de la siguiente forma:

$$Y = AL^a N^b K^{1-a-b} \quad (2.7)$$

Donde es el producto  $Y$ , el trabajo  $L$ , el recurso natural energético petrolero  $N$  y el capital  $K$ . El término  $A$  representa la eficiencia global de la economía (la “tecnología” afecta a todos los insumos, usualmente denominada “neutral de Hicks”). Como puede apreciarse se trata de una función linealmente homogénea de grado uno tipo Cobb-Douglas. En forma intensiva la función la función de producción se refleja de la siguiente forma:

$$y = An^bk^{1-a-b} \quad (2.7.1)$$

Donde:  $y = Y/L$ ,  $n = N/L$ ,  $k = K/L$

Donde se debe distinguir entre el monto o “abundancia” del insumo requerido para la producción y su “importancia” en la estructura de la economía, que estaría determinada por el valor del parámetro a la cual están elevados los factores de producción. En un esquema donde la función de producción es del tipo Cobb-Douglas, con los supuestos usuales de mercados factoriales competitivos, los parámetros a los cuales están elevados los factores productivos indican la participación factorial en el

producto y se consideran constantes. La participación del capital y del recurso natural en el producto sería igual a la productividad marginal del factor (equivalente a su precio relativo) multiplicada por el monto de insumo factorial y dividido por el producto. Utilizando la función anteriormente expuesta (en forma “intensiva”) el exponente  $b$  al cual está elevado el recurso natural indica la participación del mismo en el producto, y el exponente  $(1-a-b)$  indica la participación del capital en el producto. Es decir:

$$b = \frac{f_n(A n^b k^{1-a-b})n}{A n^b k^{1-a-b}}; (1-a-b) = \frac{f_k(A n^b k^{1-a-b}).k}{A n^b k^{1-a-b}}$$

Donde  $f_n$  es la productividad marginal del recurso natural (primera derivada de la función de producción respecto al recurso natural) y  $f_k$  es la productividad marginal del capital. Desarrollando;  $f_n = A b n^{b-1} k^{1-a-b}$ , por lo que;

$$\frac{n A n^{b-1} k^{1-a-b} n}{A n^b k^{1-a-b}} = \frac{n A n^b k^{1-a-b}}{A n^b k^{1-a-b}} = b$$

El parámetro  $b$  al cual está elevado el insumo factorial de recurso natural indica la participación de ese factor en el producto. Un razonamiento equivalente se puede hacer en relación al capital físico, por tanto  $(1-a-b)$  es la participación del capital físico en el producto. La distinción entre “abundancia” e “importancia” del recurso natural petrolero permite distinguir entre la cantidad del recurso natural utilizado como insumo factorial,  $N$  o  $n$ ; y su participación en la distribución del producto. Obviamente la “abundancia” del insumo en la función de producción eleva el nivel del producto, pero la “importancia” puede reducir la acumulación

En el modelo de Solow (en forma “intensiva”) el consumo es proporcional al producto y la tasa de ahorro,  $c = (1-s)y$  donde  $s = S/y$  es la tasa de ahorro constante. La acumulación de capital está dada por una ecuación la diferencial  $\dot{k} = s A n^b k^{1-a-b} - \delta k$ , y el capital del periodo  $t+1$  es  $k(t+1) = s A e^b k^{1-a-b} + (1-\delta)k(t)$ ; donde  $\delta$  es la tasa constante de depreciación del capital. En la transición hacia el estado estable (donde el crecimiento del producto *per cápita* depende sólo de la “tecnología”) la tasa de crecimiento del capital *per cápita* es;

$$\frac{\dot{k}}{k} = \frac{\dot{K}}{K} - n = \frac{sY - \delta K}{K} - Y = \frac{sy}{k} - \delta - Y \quad (2.8)$$

Donde  $Y = \dot{L}/L$  la tasa de crecimiento del trabajo (igual a la de la población). Cuando se llega al estado estable, el capital físico *per cápita* no crece y la tasa de acumulación solo alcanza para compensar la tasa de depreciación y la tasa de crecimiento del trabajo (igual a la población). Es decir  $\frac{\dot{k}}{k} = 0 = s \frac{y}{k} - \delta - Y$ ; o, de otra forma,  $s \frac{y}{k} = \delta + Y$ .

A partir de ese momento, la tasa de crecimiento del producto *per cápita* depende de la tasa de crecimiento de la tecnología y se mantiene estable el cociente producto/capital.

Por tanto el cociente capital/producto se puede expresar como una función de la tasa de ahorro, y de las tasas de depreciación y de crecimiento de la población;

$$\frac{k}{y} = \frac{s}{\delta + Y} \quad (2.9)$$

Tomando en cuenta la ecuación (2.7.1) y (2.8) se puede expresar el consumo *per cápita*  $c = (1-s)y$  en función de los parámetros al resolver el producto *per cápita* como se indica a continuación. De la ecuación (2.8) y (2.7.1) el producto *per cápita* es;

$$y = k^{\frac{\delta + Y}{s}} = A n^b k^{1-a-b}$$

Ello quiere decir que  $\frac{\delta + Y}{s} = A n^b k^{-(a+b)}$  o que  $\frac{s}{\delta + Y} = \frac{k^{a+b}}{A n^b}$ . Al despejar de la ecuación del producto *per cápita* (2.7.1) el stock de capital *per cápita*, es igual a  $k = \left[ \frac{y}{A n^b} \right]^{\frac{1}{1-a-b}}$ .

Luego el cociente capital/producto (ecuación 2.9) sería;  $\frac{s}{\delta + Y} = \frac{k}{y} = \frac{\left[ \frac{y}{A n^b} \right]^{\frac{1}{1-a-b}}}{y}$ ,

Por lo que;  $\frac{s}{\delta + Y} = \frac{y^{(a+b)/(1-a-b)}}{A^{1/(1-a-b)} n^{b/(1-a-b)}} \frac{1}{n^{b/(1-a-b)}}$ , de donde;

$A^{1/(1-a-b)} n^{b/(1-a-b)} \frac{1}{\delta + Y} = y^{(a+b)/(1-a-b)}$ . Despejando el producto *per cápita*, este quedaría:

$$A^{1/(a+b)} n^{b/(n+b)} \left[ \frac{1}{\delta + Y} \right]^{\frac{1-a-b}{a+b}} \cdot S^{\frac{1-a-b}{a+b}} = y$$

Entonces el consumo *per cápita* se puede expresar;

$$c = (1-s)y = (1-s) A^{\frac{1}{a+b}} \cdot n^{\frac{b}{a+b}} \left[ \frac{1}{\delta+\gamma} \right]^{\frac{1-a-b}{a+b}} \cdot S^{\frac{1-a-b}{a+b}}$$

Maximizando el consumo *per cápita* en función de la tasa óptima de ahorro, se obtiene una expresión simple para esta tasa;

$$S = 1 - a - b$$

En un modelo con una función de producción tipo Cobb-Douglas y mercados factoriales competitivos, la tasa de ahorro óptima tiene una relación negativa con la “importancia” del recurso natural en el producto. Mientras más elevada sea la “importancia” del recurso natural (más elevado el parámetro  $b$  en la función de producción), menor será la tasa de ahorro óptima. Como en el modelo a la manera de Solow la tasa de ahorro determina la acumulación (con tasa de depreciación constante), ello quiere decir que una participación elevada del recurso natural en el producto (“importancia”) repercute negativamente sobre la acumulación. Ello puede pensarse poco relevante relevancia cuando la “abundancia” del insumo es muy amplia, pero es determinante ya que el recurso natural posee un punto de saturación. Para ello se debe tomar en cuenta el carácter no renovable o agotable del recurso natural petrolero. Trayendo a colación nuevamente la función de producción Cobb-Douglas con tres insumos productivos y formulando una nueva ecuación con extensión en la 2.7

$$Y = AK^{\alpha} N^{\beta} L^{1-\alpha-\beta} \quad (2.7.2) \uparrow$$

El stock del recurso natural no renovable o finito se denota con  $s_0$  como se hizo en los esquemas anteriormente presentados, y se considera que cuando la economía usa este insumo productivo el stock se reduce. En la ecuación la presencia del insumo natural es esencial, si  $N=0 \Rightarrow Y=0$  La dinámica de este stock natural obedece a la ecuación diferencial;

$$\dot{S} = -N \quad (2.10)$$

Como se mostró en el modelo de Dasgupta y Heal, en cada período una proporción constante del stock remanente del recurso natural se utiliza como insumo;  $ps = N(t)/S(t)$ , luego al dividir el insumo del recurso natural utilizado entre el stock de reserva natural existente;

$$\frac{\dot{S}(t)}{S(t)} = ps \quad (2.11)$$

La solución de la ecuación diferencial es una ecuación que describe el comportamiento del stock de reserva natural agotable a lo largo del tiempo;

$$S(t) = S_0 e^{-pst} \quad (2.12)$$

Esto es, el stock del recurso natural declina exponencialmente a la tasa  $ps$ . Como el insumo petrolero o natural usado en la función de producción es  $N(t) = ps.S(t)$ , utilizando la ecuación 12 se puede expresar el monto del insumo natural utilizado en cada punto temporal en función del stock de la reserva natural.

$$N(t) = ps.S_0.e^{-pst} \quad (2.13)$$

De acuerdo a esta ecuación el insumo del recurso natural usado en el proceso productivo,  $N(t)$  declina en el tiempo. La función de producción (7.2) se puede reescribir en términos del cociente capital/producto, que permanece constante en la trayectoria de equilibrio óptima o de crecimiento balanceado

$$\frac{Y}{Y^\alpha} = Y^{1-\alpha} = \frac{AK^\alpha N^\beta L^{1-\alpha-\beta}}{Y^\alpha} = A\left[\frac{K}{Y}\right]^\alpha N^\beta L^{1-\alpha-\beta}$$

Al despejar al producto se obtiene;

$$Y = A^{\frac{1}{1-\alpha}} \left[\frac{K}{Y}\right]^{\frac{1}{1-\alpha}} N^{\frac{\beta}{1-\alpha}} L^{\frac{1-\alpha-\beta}{1-\alpha}} = A^{\frac{1}{1-\alpha}} \left[\frac{K}{Y}\right]^{\frac{1}{1-\alpha}} N^{\frac{\beta}{1-\alpha}} L^{1-\frac{\beta}{1-\alpha}} \quad (2.14)$$

La ecuación (2.14) se puede reescribir haciendo uso de la relación que existe entre el insumo del recurso natural utilizado y el stock del mismo, usando la ecuación (2.13) El producto quedaría;

$$Y = A^{\frac{1}{1-\alpha}} \left[\frac{K}{Y}\right]^{\frac{\alpha}{1-\alpha}} [ps.S_0 e^{-pst}]^{\frac{\beta}{1-\alpha}} L^{1-\frac{\beta}{1-\alpha}} \quad (2.14.1)$$

Si el monto de insumo natural en la función de producción se eleva, el producto se incrementa pero dado el carácter finito del stock natural, el stock remanente se reduce y el uso futuro del recurso natural debe reducirse. Se puede usar esta última ecuación para para estimar la tasa de crecimiento del producto en la trayectoria de equilibrio.

Tomando logaritmos y derivadas temporales, y considerando que el cociente capital/producto es constante;

$$g_Y = g_{\bar{A}} - \bar{\beta}ps + (1 - \bar{\beta})n \quad (2.15)$$

Donde  $g_Y = \frac{\dot{Y}}{Y}$ , la tasa de crecimiento del producto;  $g_{\bar{A}} = \frac{\frac{\dot{A}}{A}}{(1-\alpha)} = \frac{g_A}{(1-\alpha)}$ , la tasa de crecimiento de la “tecnología modificada”,  $\bar{\beta} = \frac{\beta}{(1-\alpha)}$ , la “participación modificada” del recurso natural en el producto, y  $n = \frac{\dot{L}}{L}$ , la tasa de crecimiento de la población (igual a la del trabajo). La ecuación (2.15) muestra que la tasa de crecimiento del producto depende en forma positiva de la tasa de crecimiento de la tecnología, mientras más alta es  $g_A$  mas alta es obviamente la tasa  $g_{\bar{A}}$ , y en forma negativa de la participación del recurso natural y del crecimiento poblacional. La ecuación (2.15) se puede expresar en términos *per cápita*;

$$g_Y = g_{\bar{A}} - \bar{\beta}(ps+n) \quad (2.16)$$

En la ecuación (2.16) aparece con claridad el efecto negativo que sobre el crecimiento del producto *per cápita* puede tener una alta participación factorial del recurso natural en el producto (un parámetro  $\beta$  elevado tiende a aumentar  $\bar{\beta}$ ) Así mismo muestra que una tasa de crecimiento de la población alta,  $n$ , y una proporción elevada del insumo natural sobre el stock, un valor elevado de  $ps$ ; reducen la tasa de crecimiento de equilibrio de largo plazo. Desde esta perspectiva, si bien el incremento del monto del insumo natural agotable en la función de producción incrementa el producto, como indica la ecuación (2.7.2) una alta participación de los propietarios de este recurso natural en la distribución del ingreso (un parámetro  $\beta$  elevado) representaría una restricción para la tasa de crecimiento. Para asegurar el crecimiento de largo plazo no sólo habría que remplazar al insumo natural en la función de producción (dado su carácter agotable), sino también asegurar que la dinámica del aspecto tecnológico sea suficiente para contrarrestar el efecto recesivo de la participación de este recurso en el producto.

La relación entre el recurso natural petrolero y el aspecto “tecnológico” en los estados dependientes del comercio petrolero puede ser diferente a la que por general se postula en los modelos de crecimiento endógeno. Usualmente estos modelos explican el efecto positivo de la tecnología sobre el crecimiento ya bien por la externalidad que

puede generar la acumulación global de capital, o suponiendo que las firmas productoras de capital tienen poder de mercado (mercados monopolísticos) y la búsqueda de “ingresos extraordinarios” temporales por parte de los entes, ejerce un estímulo importante a la innovación a través del “desarrollo e investigación”. Estos aspectos podrían impulsar que la productividad global  $A$  (o aspecto “tecnológico”) crezca a una tasa tal que compense el efecto negativo que representa la reducción del insumo natural agotable en la función de producción mientras no es sustituido por otro insumo. En los estados dependientes del petróleo la importancia del aspecto político-institucional; y que como se verá más adelante para el caso de los países exportadores netos de crudo, puede ser decisiva en la dinámica de la productividad global y de ella dependería en grado elevado la posibilidad del crecimiento positivo y estable de largo plazo

## 2.2 MECANISMOS DE TRANSMISIÓN

Desde mediados de la década de los 70s, los movimientos de los precios del petróleo han sido considerados por muchos economistas como una fuente importante de las fluctuaciones del ciclo económico. Es así que desde aquel entonces, los esfuerzos de los encargados en la formulación de política económica, se han visto abocados hacia el estudio de los principales mecanismos de transmisión, a través de los cuales las principales perturbaciones derivadas del mercado petrolero se propagan hacia la macroeconomía, y sobre la producción total, para este fin se hace hincapié en los principales ordenamientos técnicos enfocado desde la parte estrictamente macroeconómica, y que tratarán de dar cabida a la explicación dinámica de ciertos fenómenos relacionados al orden de estudio.

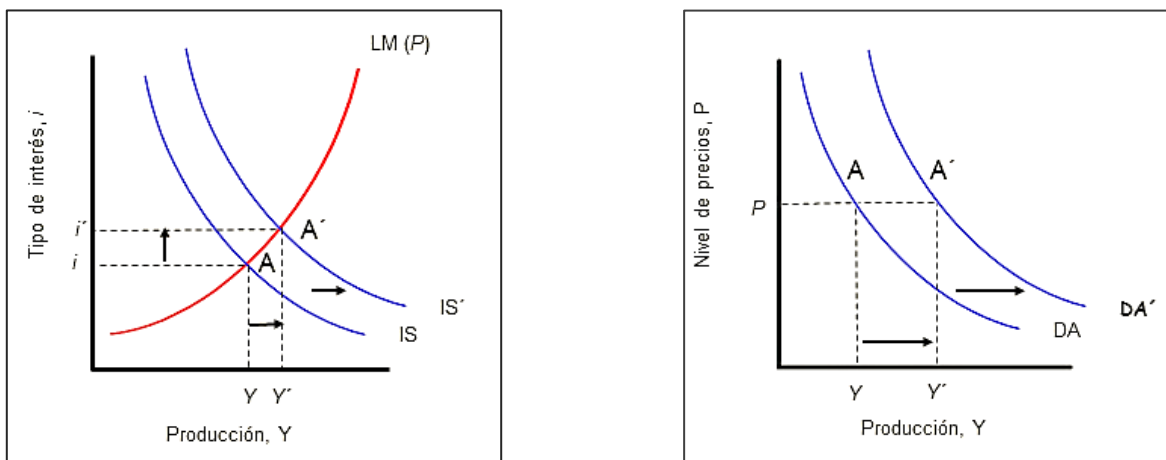
Como se destaca en Brown y Yücel (2002), Jones, Leiby y Paik (2004) o Lardic y Mignon (2006) Tang (2010), existen diversos canales de transmisión a través de la cual los precios del petróleo pueden tener impacto sobre la actividad económica. El enfoque más general se refiere a que un “aumento” del precio del petróleo crudo se traslada a los precios de los productos petroleros y derivados, canalizándose hacia el consumidor (hogares, industria y gobierno). Esto se apuntala teóricamente desde el punto de vista de la producción, desde donde se argumenta que las empresas tienden a hacerse frente ante incrementos externos a través de un incremento de los costes unitarios bajo tres elementos claves: (1) salarios reales y empleo; (2) los precios de venta e inflación subyacente; y (3) ganancias e inversiones. (Hamilton 1993). Estos órdenes descriptivos que se descentralizan en estudios como el enfoque clásico de

una perturbación de la oferta agregada, el efecto de los saldos monetarios reales, el papel de la política monetaria, linealidad y no linealidad de los efectos.

## 2.2.1 ENFOQUE CLÁSICO DE PERTURBACIONES SOBRE LA OFERTA AGREGADA.

Desde los años treinta hasta finales de los setenta, se suponía que las variaciones de la producción y de los precios eran trasladadas directamente a la curva de demanda agregada, cuando en realidad la historia macroeconómica tras los shocks petroleros causados a inicios de los 70s, con los denominados “shocks de oferta”<sup>19</sup> nos dicen que la oferta agregada es la principal concentradora de cambios significativos producidos en los precios del petróleo<sup>20</sup>.

Figura 2.1 POLÍTICA FISCAL



Fuente: Blanchard y Pérez

La función de demanda agregada en primera instancia podría definirse como la catalizadora del efecto del nivel de precios sobre la producción, misma que se obtiene a partir de las condiciones de equilibrio en los mercados de bienes y financieros (IS-LM correspondientemente) y que se expresan funcionalmente:

<sup>19</sup> El ejemplo más claro de un shock de oferta son los eventos geopolítico en el Medio Oriente.

<sup>20</sup> Rudiger Dornbusch/Stanley Fisher, Quinta Edición Pág. 576-577.

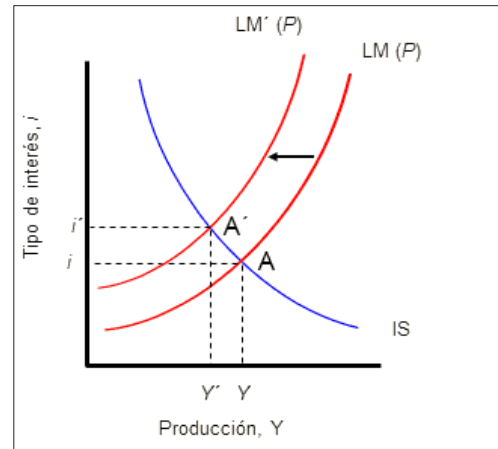
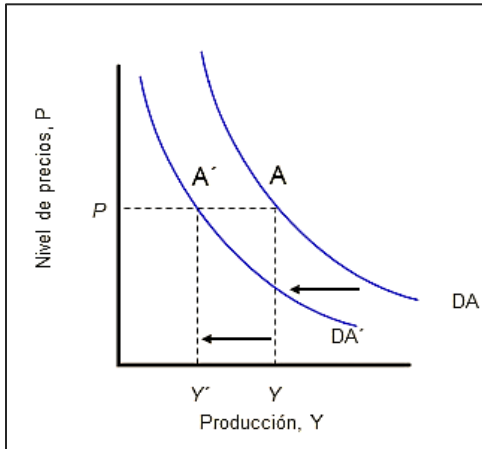


**Relación IS**

$$Y = C(Y-T) + I(Y, i) + G \quad (2.17)$$

**Relación LM**

$$\frac{M}{P} = YL(i) \quad (2.18)$$

**Figura 2.2: POLÍTICA MONETARIA**


**Fuente:** Blanchard y Pérez.

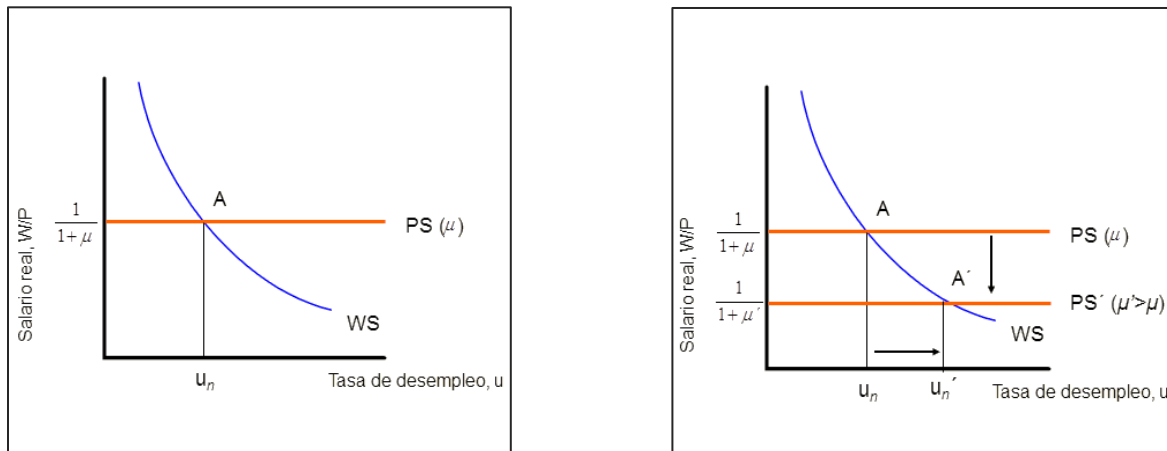
Desde donde la relación DA se desplaza con cualquier cambio en la política fiscal como por ejemplo un incremento en el gasto público (Figura 2.1), y en la política monetaria (Figura 2.2).

La oferta agregada es una relación directa entre el nivel de precios y de producto agregado que las empresas están dispuestas y en posibilidad de ofrecer si se mantienen constantes otros factores. Por otros factores nos referimos a los precios de los recursos, el estado de la tecnología y al conjunto de instituciones que configuran el sistema de incentivos a la producción. Las condiciones de oferta agregada influyen de manera decisiva en los efectos que tienen las políticas de demanda agregada.

Adentrándonos en la disyuntiva que nos compete; el problema fundamental al momento analizar los efectos macroeconómicos de una subida de precios del petróleo es que esta relación no aparece directamente en la función de la oferta agregada, lo que amerita este caso y siguiendo a Pérez y Blanchard (2011), es que se introduzca, el factor trabajo y salarios, para demostrar la forma funcional sui-générís del efecto macroeconómico del precio del petróleo sobre la productividad total.

Donde la ecuación de salarios (WS) tiene pendiente negativa (véase gráfico 2.1), mientras la ecuación de precios se presenta, en la línea horizontal en el nivel de salarios reales  $W/P = 1/(1+\mu)$ ; en donde  $\mu$  significa tasa natural de desempleo. El hecho es que ante el incremento sobre el “*markup*” (margen sobre los costes provocados por un incremento en los precios del petróleo) resulta en un aumento sobre el nivel de desempleo. Gracias a esta premisa podemos determinar en forma dinámica este efecto sobre la curva de oferta agregada. Supongamos en primer lugar que antes de una subida del precio del petróleo la demanda agregada y oferta agregada determinan que la economía se encuentra en el punto A con una producción igual a su nivel natural,  $Y_n$ , donde los precios del petróleo se representan como  $P_{t-1}$ .

**Figura 2.3: FUNCIÓN SALARIO REAL - TASA DE DESEMPLEO**



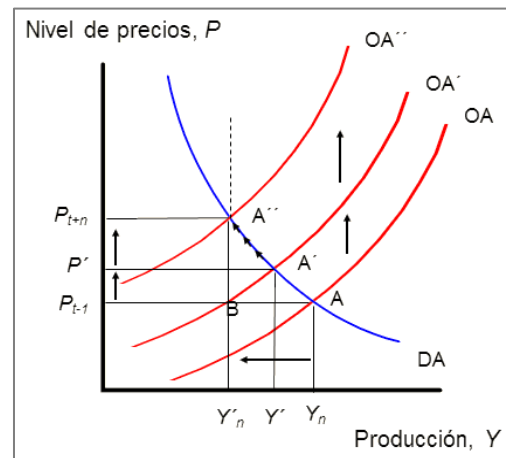
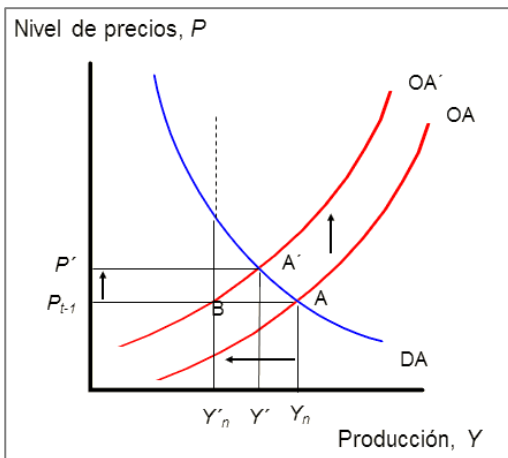
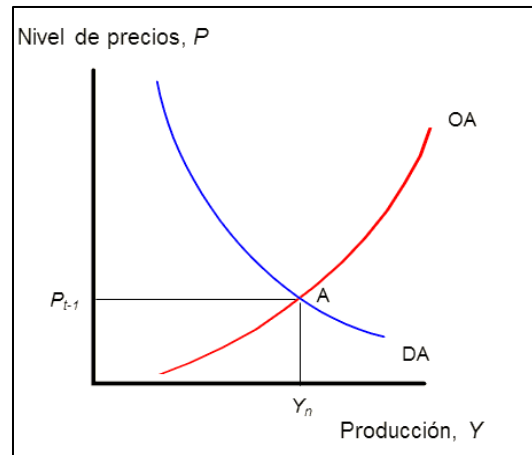
Fuente: Blanchard y Pérez.

Como se observa en la gráfica 2.2 tras el incremento en el precio del petróleo, la nueva curva OA pasa por el punto B donde la producción equivale al nuevo nivel natural de producción,  $Y'_n$ , y los precios son los esperados para el siguiente período. La economía se mueve a lo largo de la curva DA, desde A a A'. La producción cae desde  $Y_n$  hasta  $Y'_n$ .

A lo largo del tiempo, la economía se mueve sobre la curva DA, desde A' a A''. En el punto A'', la economía ha alcanzado el nuevo nivel natural de producción,  $Y'_n$  (más bajo), y el nivel de precios es mayor que antes del shock petrolífero. Para analizar dicha funcionalidad en el corto plazo y mediano plazo, recordemos que la relación de oferta agregada viene dada por:

$$P = P^e(1+\mu) F\left(1 - \frac{Y}{L}, z\right) \quad (2.19)$$

Figura 2.4: EFECTOS DEL INCREMENTO EN EL PRECIO DEL PETRÓLEO SOBRE LA OA.



Fuente: Blanchard y Pérez.

Donde el nivel de precios  $P$  depende del nivel de precios esperados  $P^e$  y del nivel de producción  $Y$  (y también del margen  $\mu$  de la variable residual  $z$  y de la población activa  $L$ , que aquí consideramos constantes). Donde se recoge el efecto de una subida del precio del petróleo por medio de un aumento del margen de  $\mu$ . Por lo tanto a corto plazo y mediano plazo dado ( $P^e = P_{t-1}$ ), la subida del precio del petróleo se traduce en un aumento del margen  $\mu$ . Este aumento del margen lleva a las empresas

a subir sus precios, lo que provoca una subida del nivel de precios, cualquiera que sea el nivel de producción  $Y$ . La curva de oferta agregada se desplaza hacia arriba, mostrándose una caída de la producción (renta e ingresos totales) y como ya se dijo un aumento del nivel de precios.

### 2.2.2 LOS SALDOS MONETARIOS REALES.

El efecto de los saldos monetarios reales fue la primera explicación de cómo un choque en los precios del petróleo afecta la actividad económica agregada, misma que es una consecuencia directa del enfoque clásico de una perturbación de la oferta. Un incremento en los precios del petróleo conducirá a un incremento en la demanda de dinero, lo que tendría como consecuencia directa un incremento en las tasas de interés y un retardo en el crecimiento económico.

Hoy sabemos que el desempleo presionaría sobre la negociación colectiva para modelar los salarios y volver al equilibrio con pleno empleo en “A”. Sin embargo para inicios de la década de los setentas tras las paulatinas subidas del precio del crudo se intentó combatir el desempleo con políticas de demanda (fiscal y monetaria) expansivas, haciendo que la curva de demanda agregada se desplazase hacia la derecha hacia un nuevo punto de equilibrio con el fin de conseguir incrementos sobre la productividad; y reduciendo el desempleo.

Mas sin embargo debido a la pérdida adquisitiva de valor provocada por la inflación, la oferta agregada volvía a desplazarse hacia arriba, todo esto basado en la teoría de la indexación de valores. Este fenómeno gatilla el desempleo y fomenta un problema inflacionario permanente, que se alimenta por nuevas expansiones de demanda de dinero que conlleva a final de cuentas a espirales inflacionistas por efectos de segunda ronda (*second rounds effects*) con procesos que se extienden más allá del corto y mediano plazo hacia la “estanflación” (crecimiento negativo y elevada inflación) y que a la vez multiplica la demanda de dinero constantemente (Galesi y Lombardi, 2009).

Otra razón por la cual la política económica fue incapaz de prevenir los shocks petroleros que condujeron históricamente hacia las recesiones es porque los cambios en la política económica fueron entorpecidos por rezagos en el reconocimiento de la

política por parte de los agentes económicos, en su implementación y su efectividad. Debido a que los choques petroleros son normalmente eventos impredecibles.

### 2.2.3 LINEALIDAD Y NO LINEALIDAD DE LOS EFECTOS.

Mork, Lee y Hamilton (1989, 1996, y 1999) como autores de las teorías de asimetría<sup>21</sup> en los precios del petróleo, argumentan que existen factores que desencadenan nuevas perspectivas en torno a los canales de transmisión originalmente planteado desde el punto de vista clásico de oferta agregada; reajustando teorías, que se cimentan desde el punto de política monetaria, ajuste de costos y de precios de derivados del crudo.

## LA POLÍTICA MONETARIA

Muchos autores han documentado la evidencia empírica de que la política monetaria es un factor que contribuye a la asimetría en la respuesta de la economía ante los shocks petroleros. Si se supone que se da rigidez en los salarios nominales, cuando los precios del petróleo experimentan un incremento, el desempleo aumentará y por consiguiente conllevará a pérdida en el PIB. Esto si la autoridad monetaria falla en mantener el PIB nominal a través de la inflación esperada.

<sup>21</sup> MORK (1989) propone una especificación matemática de asimetría que consiste en separar la tasa de cambio positiva de la tasa de cambio negativa de los precios del petróleo; a la manera de:

$$\Delta roil_t^+ = \{\Delta roil_t > 0, 0 \text{ en otro caso}\}$$

$$\Delta roil_t^- = \{\Delta roil_t < 0, 0 \text{ en otro caso}\}$$

LEE, NI Y RATTI (1995) por su parte formulan una medida para capturar la no linealidad de los efectos a través de la incertidumbre. A su enfoque le denominan “Incrementos escalados en los precios del petróleo (IEPP)” en el caso de los decrementos la medida se denomina “Decrementos escalados en los precios del petróleo (DEPP)”

$$roil = \Phi_0 + \Phi_1 roil_{t-1} + \Phi_2 roil_{t-2} + \Phi_3 roil_{t-3} + \Phi_4 roil_{t-4}$$

$$\varepsilon_t | I_{t-1} \sim N(0, h_t)$$

$$h_t = \psi_0 + \psi_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \psi_2 h_{t-1}$$

$$IEPP_t = \max\left\{0, \frac{\varepsilon_t}{\sqrt{h_t}}\right\} \quad ; \quad DEPP_t = \min\left\{0, \frac{\varepsilon_t}{\sqrt{h_t}}\right\}$$

HAMILTON (1996 Y 1999) finalmente implementa una tercera medida de especificación asimétrica que toma el mayor valor de cuatro trimestres consecutivos, imponiendo cero si no fuese el caso. Esta medida es conocida como “Incrementos netos en los precios del petróleo”:

$$INPP_t = \max\{0, roil_t - \max(roil_{t-1}, roil_{t-2}, roil_{t-3}, roil_{t-4})\}.$$

## AJUSTE DE COSTOS

Lilien (1982) y Hamilton (1988) examinaron cómo los cambios en los precios del petróleo crean desbalances sectoriales cambiando la relación de equilibrio intersectorial. A manera de ejemplo, incrementos (bajas) en los precios del petróleo conducen a una contracción (expansión) en los sectores que son intensivos en el uso de energía y una expansión (contracción) en aquellos sectores que son eficientes (menos eficientes) en el uso de la energía<sup>22</sup>. Esto conlleva a afecciones sobre los índices de precios al productor (IPP), que pueden trasladarse secuencialmente al índice de precios al consumidor (IPC).

El ajuste de costos puede causar problemas de coordinación, en el sentido que cada empresa conoce la forma en que los cambios en los precios del petróleo pueden afectar su producción y el precio al que ofrecen sus productos, sin embargo, se carece de información sobre la manera en que los cambios en los precios del petróleo afectan a las otras empresas y de la forma en que ellas reaccionan a tal perturbación. Como consecuencia directa, las empresas tienen dificultad de ajustarse a las acciones de las otras<sup>23</sup>.

Otro factor que puede mencionarse dentro del ajuste de costos es la incertidumbre sobre los precios del petróleo. Dicha incertidumbre reduce la actividad económica reduciendo la demanda de inversión. Bernanke (1983) demuestra que las empresas encontrarán más deseable posponer decisiones irreversibles de inversión cuando ellos tienen una mayor incertidumbre sobre el futuro de los precios del petróleo.

## DERIVADOS DEL PETRÓLEO

Los precios de los productos derivados del petróleo pueden contribuir también a la relación asimétrica entre el petróleo y la economía. Las investigaciones proveen un análisis de que los precios de la gasolina y otros combustibles, que sin mecanismos de contrarresto podrían incrementar más rápidamente cuando los precios del petróleo están aumentando que cuando estos mismos caen. Entre los estudios que podemos

---

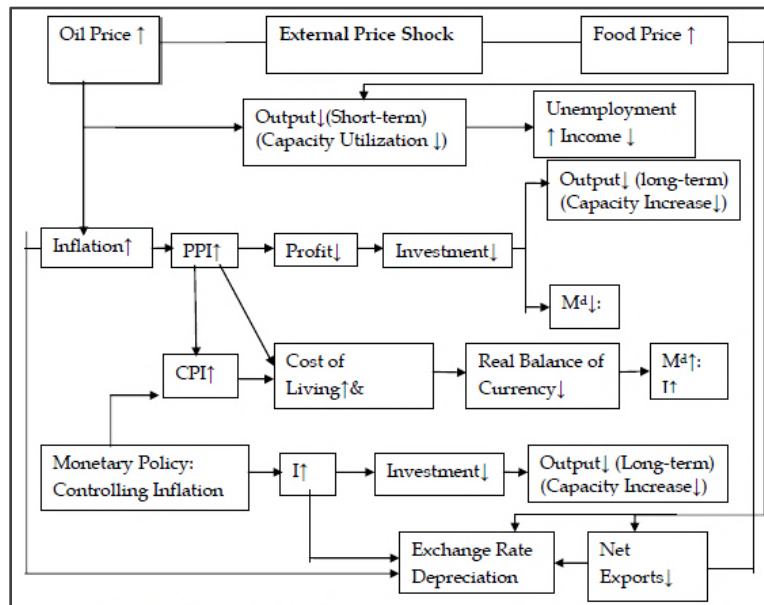
<sup>22</sup> Estas recomposiciones en la producción requieren ajustes en las estructuras de costo de las empresas que no se pueden dar en el corto plazo, esto trae como consecuencia directa un incremento en el nivel de desempleo y una subocupación de los recursos.

<sup>23</sup> Los problemas de coordinación por parte de las empresas ante cambios en los precios del petróleo pueden ser considerados como una externalidad

mentar respecto al tema, están los de Bacon (1991) en el mercado de la gasolina en el Reino Unido. Otras referencias respecto al tema podrían encontrarse en Borenstein, Cameron y Gilbert (1997, Balke, Brown y Yücel (1999)

A manera de compendio, el gráfico 2.1 representa los canales de transmisión a través de cuales los precios del petróleo podrían afectar sistemáticamente la economía de un país.

**Gráfico 2.1. MECANISMOS DE TRANSMISIÓN.**



Fuente: Arshad y Amed (2012).

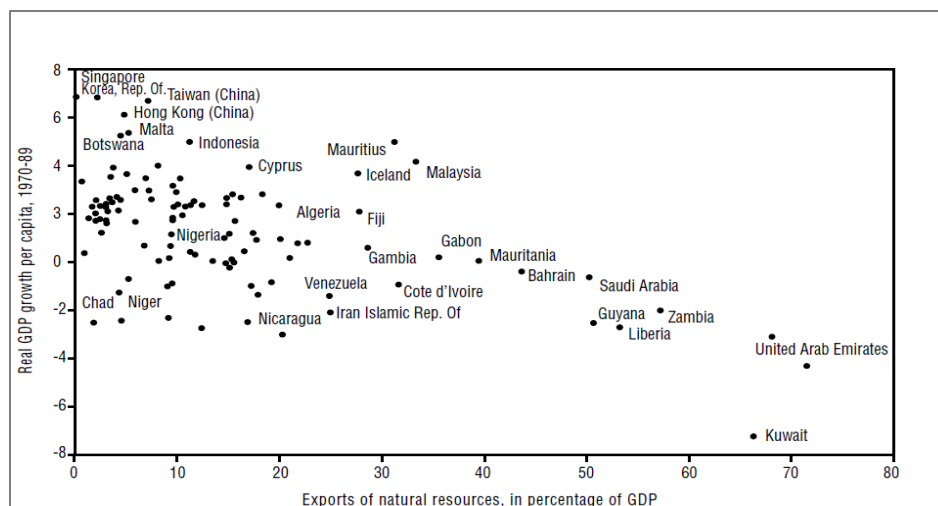
## 2.3 EVIDENCIA GLOBAL.

Los primeros trabajos que dilucidan una clara aproximación al efecto combinado tanto de economías no exportadoras y exportadoras o con abundancia de recursos naturales en los diferentes niveles de crecimiento se presenta de manera dinámica en los estudios realizados por Jeffrey Sachs y Andrew Warner (1995, 1997 y 2001), encontrando básicamente que a mayor dependencia del ingreso respecto a la venta de recursos naturales, menor sería la dinámica del crecimiento económico. A este enfoque se lo denominó como *“The Curse of Natural Resources”* o la maldición de los recursos naturales.

El trabajo de los autores (véase cuadro 2.2), interpone un eje inferior determinado a reflejar el nivel de exportaciones y el eje izquierdo demuestra los niveles de crecimiento de productividad de países, entre los cuales consta gran parte de productores de petróleo y otros recursos de índole natural.

El ajuste se realizó con datos reales del periodo 1970 – 1989, donde en el extremo superior izquierdo se presentaron los países sin recursos naturales y sin rentas provenientes de su explotación, con tasas de crecimiento aceleradas, mientras que en el extremo inferior derecho se encontraron una vasta cantidad de países con dependencia de renta de recursos naturales y con crecimiento poco ágil. Dicha evaluación se realizó con datos reales de 97 países.

**Gráfico 2.2: CORRELACIÓN ENTRE RIQUEZA NATURAL Y PRODUCTIVIDAD PER-CÁPITA.**



Fuente: Sachs y Warner 2001.

Los autores determinan que la baja de crecimiento en los países exportadores netos de recursos naturales, a pesar de los altos ingresos; se debe a varios eventos, entre los cuales se destacan los fenómenos de desindustrialización, sobreendeudamiento, y debilidad institucional colindante a la mala administración pública, corrupción, clientelismo. etc (Collier y Goderis 2007).

Para explicar los efectos de desindustrialización, la teoría confiere un punto de partida al caso clásico de estudio referido al desarrollo que tuvo la exportación de gas en los años sesenta en Holanda y las consecuencias en su disyuntiva económica conocido como “enfermedad holandesa”, desde donde se asume un esquema que considera la



economía de un país pequeño conformada por tres sectores. Un sector transable de materias primas, en el cual se produce el auge por exportaciones externas, un sector transable identificado básicamente con la industria donde no existe auge, y finalmente un sector no transable de servicios.

Bajo este enfoque teórico se destaca que ante un fuerte incremento en los ingresos de la renta advenida de recursos naturales, este se puede distribuir a través de gasto de capital o gasto corriente, mediante el gobierno central o mediante gobiernos seccionales dentro del Presupuesto nacional. El hecho es que se incrementa el gasto de consumo y también se realizan transferencias del sector público al privado, como sucede con los bonos e incentivos conduciendo a un incremento en la capacidad de importar bienes transables, pero al mismo tiempo se incrementa la demanda de bienes no transables que no pueden ser importados y deben ser producidos localmente (por ejemplo el caso de las construcciones), produciendo un incremento de precios que conlleva a inflación.

Al producirse este incremento de demanda, la economía reacciona reduciendo recursos del sector de transables (que no es de recursos naturales y normalmente son las manufacturas), para expandir la producción de no transables, como son los sectores proveedores de servicios y también bienes de consumo básico local. Por lo tanto, un incremento en el sector de recursos naturales, conduce a una caída en los otros transables y a una concentración o dependencia de los no transables, respecto del industrial o manufacturero.

La combinación del impulso de demanda y el hecho que el precio de los transables diferentes a la materia prima exportable no sufre variaciones fundamentales (determinados internacionalmente), puede conducir a apreciaciones del tipo de cambio real” que termina reduciendo la competitividad del sector transable donde no existe auge, sesgando la economía hacia los no transables.

Adicionalmente, una mayor demanda agregada que desvía la mano de obra de sectores manufactureros, característicos de “*learning-by-doing*” y de externalidades sociales positivas terminan disminuyendo la productividad laboral (tal como se argumentó técnicamente en 2.1). Desde el punto de vista de política económica, la enfermedad holandesa genera en los países en vías desarrollo, políticas

proteccionistas de sustitución de importaciones, fomento de actividades a través de aumentos en el gasto público, y una bajas tasa de inversión.

Por otro lado (Manzano y Rigobón 2001); arguyen que los países ricos en recursos se "sobre-endeudaron" en los años 70, tomando ventaja del alto precio de las materias primas; sufrieron las consecuencias de aumentos de la deuda durante los 80 y 90 una vez que se reversaron tales *shocks* favorables. El hecho es que la sobrestimación de los ingresos futuros y los problemas de "voracidad fiscal" o expansión excesiva el gasto fiscal<sup>24</sup>, si bien permitió obtener altas tasas de crecimiento económico en el corto plazo<sup>25</sup>, comprometieron los resultados fiscales futuros.

Para contrarrestar estos problemas como se expresa en Hausmann (1993), Bjerkholt y Niculescu (2004) es necesario reducir la vulnerabilidad de la economía a los choques externos mediante políticas de "estabilización y disciplina fiscal". Estas políticas deben orientarse hacia la reducción de la volatilidad del gasto, principalmente a través de reglas macro-fiscales de ingresos de gasto, balance fiscal y endeudamiento, sustentadas a la vez en bases sólidas institucionales del manejo público. Para esto autores como Mehlum, Moene y Torvik (2005) definen que los países que tienen abundancia de recursos naturales pueden lograr dinamizar o estancar el crecimiento económico. La diferencia entre uno y otro resultado se relacionaría a la calidad de las instituciones y el rol que éstas desempeñan como vehículo de distribución de la renta; así los países con debilidad institucional adolecerían de problemas como la baja observancia y cumplimiento de las normas y leyes, con insuficiencia en el funcionamiento de los poderes públicos, y la incapacidad de mantener la gobernabilidad dentro los márgenes de lo formal. Esto se transmite hacia instancias generales del estado al grado haciendo que los gobiernos no reconozcan y soslayen el cumplimiento legal propio y de terceros.

Si analizásemos el caso netamente petrolero, siguiendo la línea de Mehrara y Oskoui (2007), en estudios discernido sobre Iran, Arabia Saudita, Kuwait e Indonesia (países netamente exportadores de crudo); se encuentra que las perturbaciones sobre los

---

<sup>24</sup> En ausencia de fondos de ahorro fiscal, el comportamiento del crecimiento más que proporcional al gasto público se derivaría del carácter pro-cíclico del endeudamiento, cuyo acceso es favorecido por la mayor disponibilidad de divisas y disminución del riesgo crediticio de los países..

<sup>25</sup> En el corto plazo, se estimula la expansión del consumo privado que generalmente no puede ser atendida por la producción doméstica, resultando fuertes presiones sobre los precios internos y las importaciones de bienes transables que no agregan crecimiento.

precios del insumo son la principal fuente de las fluctuaciones sobre el crecimiento de Arabia Saudita e Irán, pero con distintas consecuencias sobre Kuwait e Indonesia. En Kuwait según los autores la poca influencia de las perturbaciones de los precios del petróleo sobre las fluctuaciones del crecimiento, se debe principalmente ahorro estatal y de ejecución de “fondos de estabilización”, mientras tanto que en Indonesia las reformas estructurales y de diversificación para el crecimiento de la producción son los confluente principales de su éxito.

**Cuadro 2.3: EXPORTACIÓN DE CRUDO POR PAÍS; PRODUCTIVIDAD PER CÁPITA, DESARROLLO FINANCIERO Y LIBERTAD ECONÓMICA.**

Country	Net Oil Exports <sup>1</sup>	GDP per capita <sup>2</sup>	Financial Development <sup>3</sup>	Economic Freedom <sup>4</sup>
Saudi-Arabia	8.406	39	26	65
Russia	6.874	54	40	143
United Arab Emirates	2.521	8	21	46
Iran	2.433	90	NA	168
Kuwait	2.390	23	28	42
Norway	2.246	2	15	37
Angola	1.948	87	NA	154
Venezuela	1.893	60	56	174
Algeria	1.888	92	NA	105
Nigeria	1.769	133	57	106
Iraq	1.597	119	NA	NA
Libya	1.185	48	NA	173
Kazakhstan	1.185	64	49	82
Canada	1.089	11	6	7
Qatar	1.085	3	NA	39

Fuente: Rydland 2011.

Un enfoque distinto se analiza en Rydland (2011), exponiendo que el caso de países como Canadá, Qatar, Emiratos Árabes Unidos, Kuwait y Noruega; los niveles de productividad per cápita es reducida por cuestiones inherentes al riesgo crediticio y los costos de capital, medidos por variables desarrollo financiero y libertad económica respectivamente. Lo que sugiere el autor (véase cuadro 2.3) es que el aumento inesperado de los precios del petróleo conlleva una reducción en la percepción del riesgo sobre los países debido a la espera de ingresos superavitarios en el futuro, esto conlleva consecuencias sobre la reducción de los costos de capital sobre los proyectos de inversión “no rentables antes de un incremento del precio del insumo”, incrementando substancialmente los niveles de inversión extranjera después de que los eventos se presenten favorables, para dicha descripción las medidas de desarrollo financiero y apertura económica poseen correlación positiva hacia la de incrementos en la productividad.

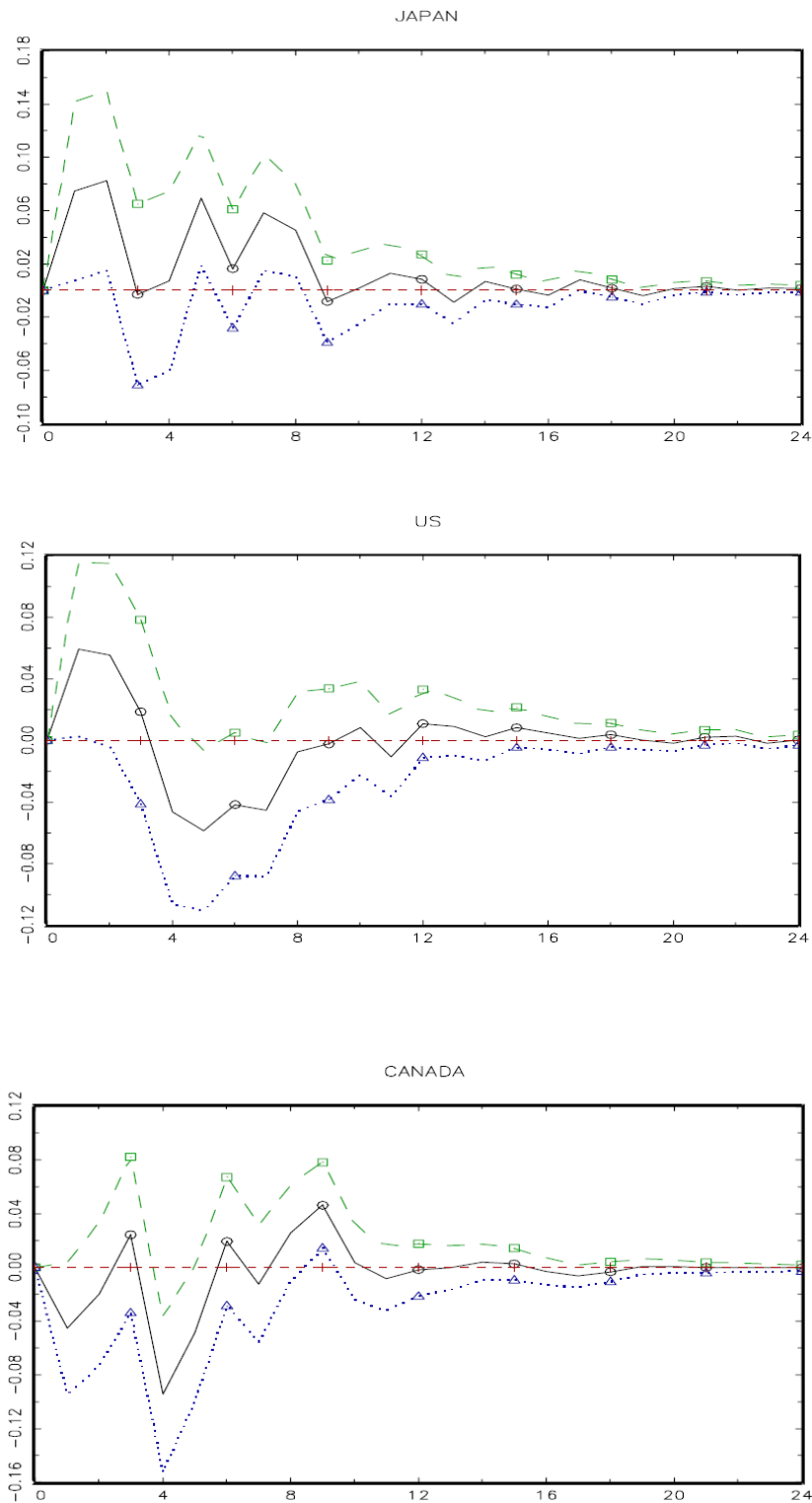
Por otro lado, siguiendo lo expuesto en Jiménez-Rodríguez y Sánchez (2005) en un estudio discernido sobre la gama de países que comprenden la organización OCDE (entre importadores y exportadores netos de crudo), se encuentran conclusiones económicas importantes esta vez desde el punto de vista positivo y negativo de la fluctuación de los precios del petróleo sobre distintas estructuras económicas.

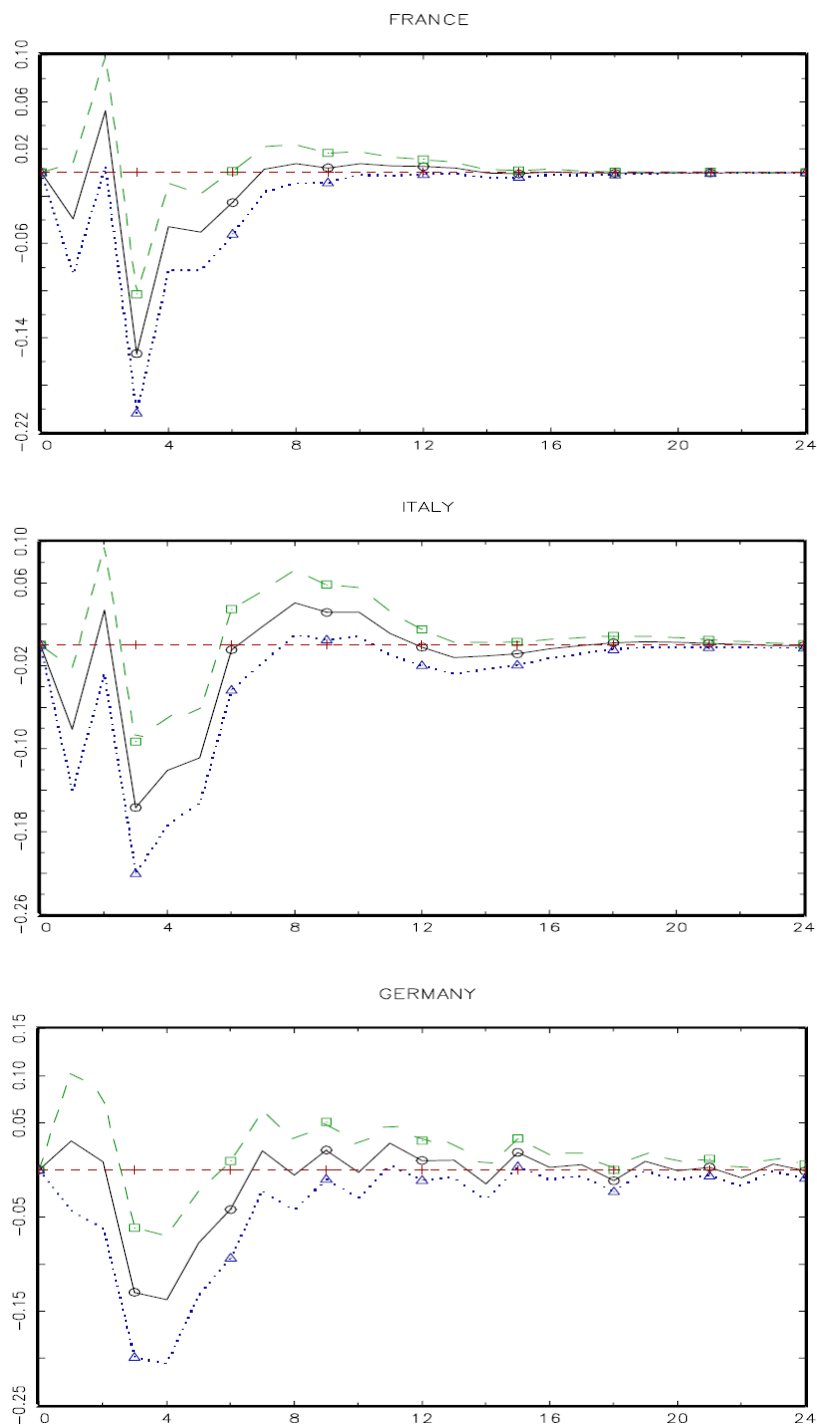
En primer lugar, los importadores netos de petróleo (USA, Japón, Francia, Italia, Alemania) se comportan con una disminución de la producción y un aumento de la inflación, asociado principalmente a ajustes de costos.

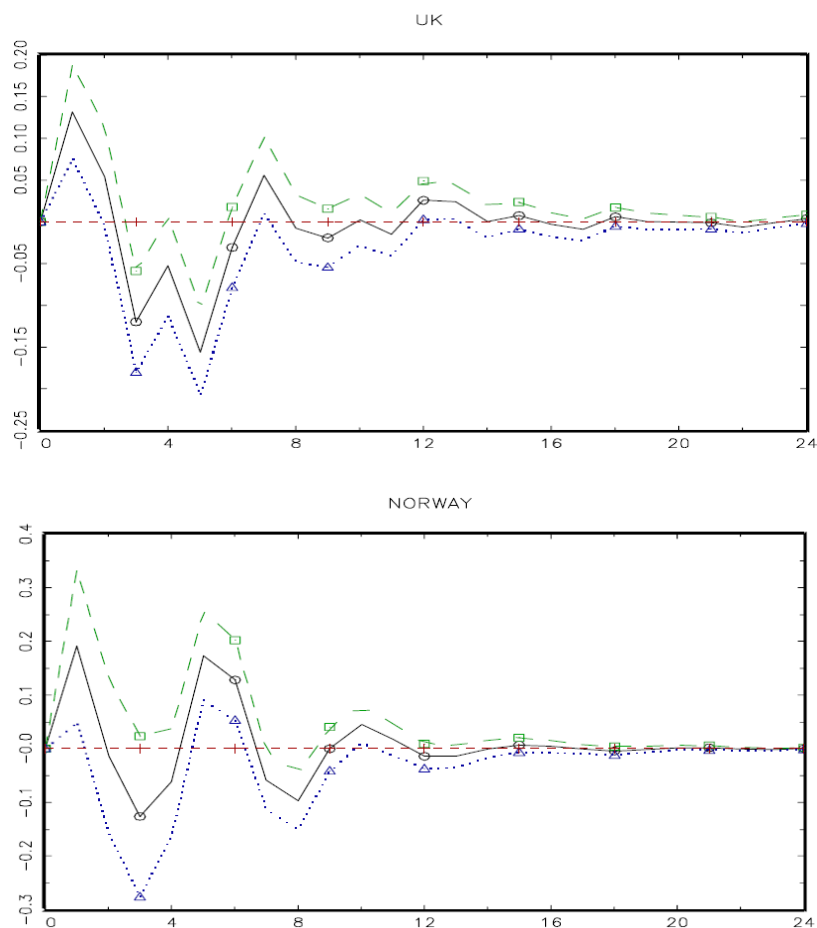
En segundo lugar para el caso de Noruega, Reino Unido y Canadá como economías exportadoras netas de crudo; los autores demuestran que en el caso de Noruega existe una respuesta positiva en la producción ante un alza de los precios mundiales, con acompañamientos de incrementos en el IPC tras choques positivos sobre el precio del petróleo, mientras tanto que en Reino Unido la reacción es inesperada, puesto que su comportamiento es similar a la países importadores de petróleo, esto es, el tipo de cambio en relación a la libra esterlina (caso británico) tiende a apreciarse más que los tipos de cambio en Noruega precisando indicios de enfermedad holandesa; es decir, el efecto positivo de un aumento de los ingresos (grafico 2.4), es anulado por la apreciación de la tasa de cambio que reduce la competitividad de las industrias orientadas hacia la exportación en el caso de Reino Unido.

En tercer lugar Canadá y EEUU muestran reacciones negativas sobre la productividad ante una caída sobre los precios del petróleo, mientras que en el caso de reino unido el efecto se presenta contrariamente tendiendo a una subida de productividad (gráfico 2.5), el resto de países de este análisis mostraron crecimientos inalterados ante dichas fluctuaciones.

**Grafico 2.4: FUNCIÓN IMPULSO- RESPUESTA EN EL CRECIMIENTO, CON INNOVACIONES POSITIVAS SOBRE LOS PRECIOS DEL PETRÓLEO; caso OCDE.**

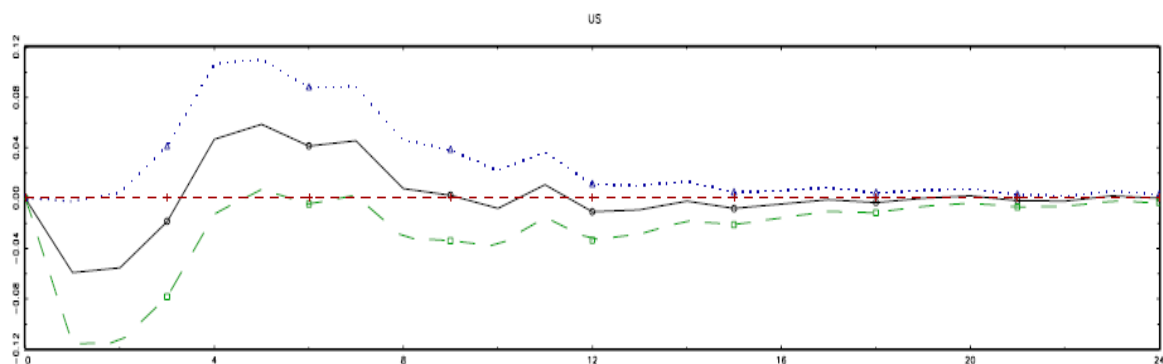


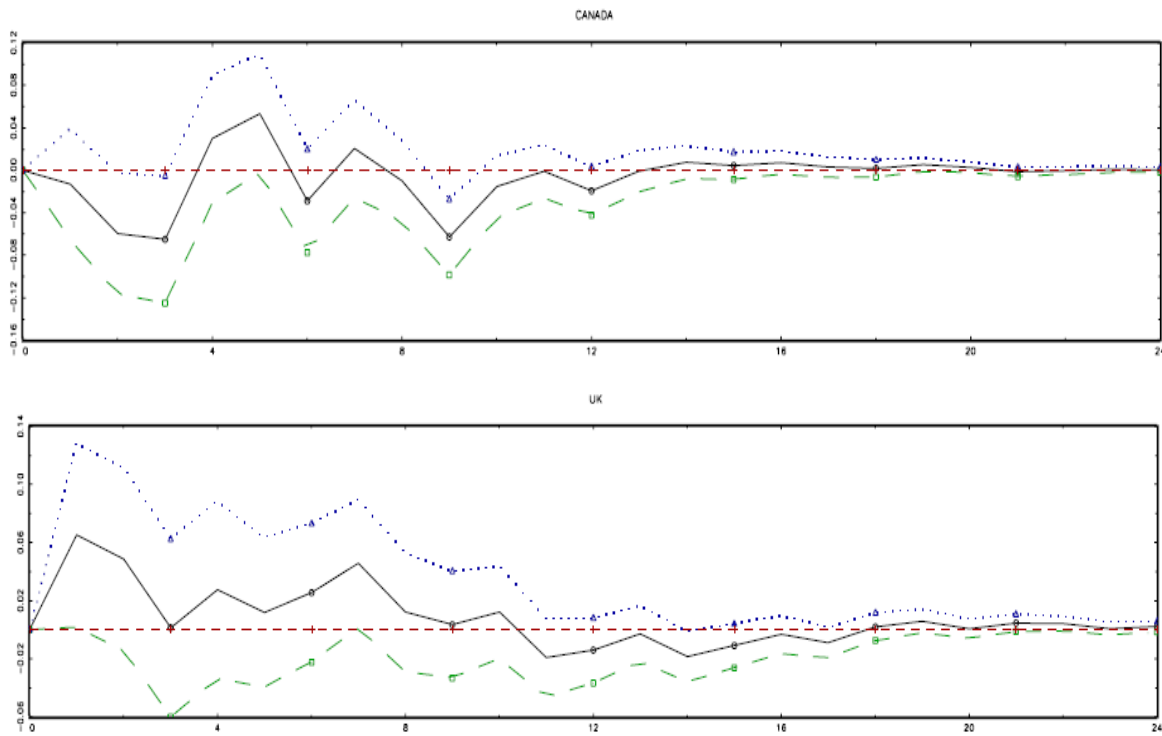




Fuente: Jiménez-Rodríguez y Sánchez (2005)

**Gráfico 2.5: FUNCIÓN IMPULSO- RESPUESTA SOBRE EL CRECIMIENTO CON INNOVACIONES NEGATIVAS EN EL PRECIO DEL PETROLEO, caso:USA, RU, CANADA**





**Fuente:** Jiménez-Rodríguez y Sánchez (2005)

Las gráficas (2.4) y (2.5) representan la función de impulsos respuestas del PIB a efectos de la utilización de desviaciones estándar positivas y negativas (innovaciones) sobre el precio de petróleo, bajo la modalidad de ortogonalización de los choques (sin correlación entre sí). Estas y otras técnicas de predicción relacionadas a vectores autoregresivos se analizan detalladamente a continuación.



## CAPÍTULO 3

# METODOLOGÍA ECONOMETRICA

---

Por lo que se arguye en diversos estudios, una de las mejores técnicas de medición ante fenómenos de índole imprevisible y de movimiento sorpresa sobre variables de política económica, se sustenta en el planteamiento “de modelos dinámicos” proveídos desde la concepción “auto regresiva”. Entre las principales ventajas del uso de modelos VAR (vectores autoregresivos) en general se tiene a su gran utilidad para realizar pronósticos confiables y a su habilidad de análisis de las características dinámicas del modelo gracias a las herramientas de impulso-respuesta que nos permiten observar el efecto en el tiempo que posee una innovación o choque sobre una variable en particular. Sin embargo debe tenerse presente que las técnicas de Vectores Autorregresivos presentan algunas limitaciones.

Como lo indican los autores Stock y Watson (2001), dado que en general las variables endógenas del VAR están correlacionadas, los términos de error de las diferentes ecuaciones de la forma reducida también lo están. Por tanto, las innovaciones de las ecuaciones de un VAR en su forma reducida son en realidad combinaciones lineales de los shocks primarios o estructurales que guían al sistema. Así, los términos de error de las ecuaciones de un VAR representan el efecto conjunto de todos los factores estructurales que pueden afectar a las variables del sistema. De esta forma, conocer las consecuencias que una realización distinta de cero en dichos términos de error generan sobre las variables del sistema  $n$  períodos hacia adelante carece de relevancia teórica.

Una solución válida al problema de la correlación de los errores en los VAR es la estimación recursiva del modelo. Esta metodología permite obtener residuos incorrelacionados entre las ecuaciones, por lo que la función de impulso-respuesta se calcula sobre las funcionalidades Cholesky. Sin embargo, los resultados dependerán del orden en que se hayan incluido las variables en el VAR es decir al cambiar el orden pueden obtenerse resultados completamente diferentes por lo tanto el orden

elegido debería estar respaldado por conceptos provenientes de la teoría (Stock y Watson 2001).

Dicho esto para el estudio metodológico VAR y SVAR (Vectores Autoregresivos estructurales) en este capítulo se siguen los enfoques especializados de Lutkepohl (2005) y Alfonso Novales (2013).

### 3.1 DESCRIPCIÓN BÁSICA

Los sistemas VAR se conforman como un conjunto de variables que hace de cada variable endógena una función de su propio pasado y del pasado de otras variables endógenas del sistema. La exposición del caso se fundamenta en los trabajos seminales de Christopher Sims en “*Macroeconomics and Reality*” (1980) y “*Macroeconometrics VAR: A Explanations*” (1991).

La metodología VAR es, en cierta forma, una respuesta a la imposición de restricciones a priori que caracteriza a los modelos econométricos convencionales en un sistema de ecuaciones simultáneas que requiere imponer restricciones sobre los parámetros<sup>26</sup> para garantizar la identificación y posibilitar la estimación de las ecuaciones que lo conforman.

Para ello, es indispensable diferenciar entre las variables endógenas y las predeterminadas; es decir, aquellas cuyos valores no son determinados por el modelo en el período actual y que pueden ser exógenas o endógenas rezagadas. En este contexto una de las ventajas de los VAR es que introducen los conceptos de causalidad y de exogeneidad, y que determinan las funciones de respuesta de las variables ante un movimiento de un choque exógeno en todo el proceso a través del tiempo; capturando los movimientos simultáneos de las variables y la dinámica de sus interrelaciones de una forma más adecuada, lo cual no es posible con modelos univariantes.

La única información a priori que se incluye está referida al número de rezagos de las variables explicativas que se incorporan en cada ecuación y que permitan capturar la dinámica de dichas variables. No obstante, en términos operativos, una correcta

---

<sup>26</sup> Cuando se trabaja con modelos multiecuacionales se tiene un sistema múltiples de variables latentes mismos que pueden estar sub identificado, exactamente identificado o sobre identificado. Para estimar un modelo estructural es necesario reducir el número de coeficientes a estimarse con la imposición de un valor de cero a algunos de ellos por teoría o por algún argumento a priori.

especificación del sistema requiere que la determinación de las variables a ser incluidas en él, se base en el conocimiento de un modelo teórico relevante.

Un VAR tiene en general la siguiente especificación:

$$Y_t = V + A_1 Y_{t-1} + A_2 Y_{t-2} + \dots + A_p Y_{t-p} + U_t \quad (3.1)$$

Donde:

- $Y_t = (y_{1t}, \dots, y_{kt})'$  es el vector  $K \times 1$  de variables endógenas,
- $V = (v_1, \dots, v_k)'$  es el vector  $K \times 1$  de interceptos,
- $A_k$  es la matriz  $K \times K$  de coeficientes,
- $Y_{t-k}$  es el vector  $K \times 1$  de rezagos de las variables endógenas, y
- $U_t = (u_{1t}, \dots, u_{kt})'$  es el vector de  $K$ - dimensionalidad de ruidos blancos.<sup>27</sup>

A manera de ejemplo siguiendo los referentes de Lardic y Mignon (2002) se pueden tomar dos variables estacionarias  $x_1$  y  $x_2$ , donde cada variable es función de sus propios rezagos, pero también de los valores presentes y pasados de otras variables. Por lo tanto, se puede escribir un modelo VAR con 4 rezagos ( $p = 4$ ) de la siguiente manera:

$$\left. \begin{aligned} x_{1t} &= a_1 + \sum_{i=1}^4 b_{1i} x_{1t-i} + \sum_{j=1}^4 c_{1j} x_{2t-j} - d_1 x_{2t} + u_{1t} \\ x_{2t} &= a_2 + \sum_{i=1}^4 b_{2i} x_{2t-i} + \sum_{j=1}^4 c_{2j} x_{1t-j} - d_2 x_{1t} + u_{2t} \end{aligned} \right\} \quad (3.2)$$

Donde  $u_{1t}$  y  $u_{2t}$  son dos ruidos blancos no correlacionados.

Este modelo implica la estimación de 20 coeficientes. El número de parámetros a estimar crece rápidamente con el número de retardos, como  $pN^2$ , donde  $p$  es el número de retardos y  $N$  el número de variables del modelo.

<sup>27</sup> Un proceso estacionario  $\varepsilon_t$  es un ruido blanco si:

- $E[\varepsilon_t] = 0 \forall_t$ ,
- $V[\varepsilon_t] = \sigma^2 \varepsilon \forall_t$ ,
- $Cov(\varepsilon_t, \varepsilon_{t'}) = 0$  para  $t \neq t'$

Un ruido blanco se nota:  $\varepsilon_t \sim RB(0, \sigma^2 \varepsilon)$ .

De forma matricial, el proceso VAR (4) se escribe:

$$BX_t = \Phi_0 + \sum_{i=1}^4 \Phi_i X_{t-i} + \varepsilon_t \quad (3.3)$$

Dónde:

$$B = \begin{bmatrix} 1 & d1 \\ d2 & 1 \end{bmatrix}; \Phi_0 = \begin{bmatrix} a1 \\ a2 \end{bmatrix}; X_t = \begin{bmatrix} X_{1t} \\ X_{2t} \end{bmatrix}; \Phi_i = \begin{bmatrix} b_{1i} & c_{1i} \\ b_{2i} & c_{2i} \end{bmatrix}; \varepsilon_t = \begin{bmatrix} \varepsilon_{1t} \\ \varepsilon_{2t} \end{bmatrix}$$

Si se multiplica cada término de la ecuación (3.3) por  $B^{-1}$ , se obtiene el proceso de la forma básica:

$$X_t = A_0 + \sum_{i=1}^4 A_i X_{t-i} + \varepsilon_t \quad (3.4)$$

Donde;  $A_i = B^{-1} \Phi_i$  y  $\varepsilon_t = B^{-1} U_t$

Si generalizamos la forma funcional del VAR suponiendo que  $X_t$  contiene  $N$  variables y para un orden de retardos  $p$  cualquiera. Un proceso VAR (p) de  $N$  variables se escribe de la siguiente forma:

$$X_t = \Phi_0 + \Phi_1 X_{t-1} + \dots + \Phi_p X_{t-p} + \varepsilon_t \quad (3.5)$$

Y matricialmente:

$$X_t = \begin{bmatrix} x_{1t} \\ \vdots \\ x_{Nt} \end{bmatrix}; \Phi_0 = \begin{bmatrix} a_1^0 \\ \vdots \\ a_N^0 \end{bmatrix}; \Phi_p = \begin{bmatrix} a_{1p}^1 & a_{1p}^2 & \dots & a_{1p}^N \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ a_{Np}^1 & a_{Np}^2 & \dots & a_{Np}^N \end{bmatrix}; \varepsilon_t = \begin{bmatrix} \varepsilon_{1t} \\ \vdots \\ \varepsilon_{Nt} \end{bmatrix} \quad (3.5.1)$$

Donde " $\varepsilon_t$ " es un ruido blanco de la matriz de varianza covarianza  $\sum_\varepsilon$ "

La característica principal de los modelos VAR (p) es que su dinámica no está restringida por la teoría económica, y  $p$  se determina mediante criterios estadísticos:

$$(I - \Phi_1 L - \Phi_2 L^2 - \dots - \Phi_p L^p) X_t = \Phi_p + \varepsilon_t \quad (3.6)$$

siendo:

$$\Phi(L)X_t - \Phi_0 + \varepsilon_t \quad (3.7)$$

con:  $\Phi(L) = 1 - \sum_{i=1}^p \Phi_i L^i$

En base a esto se diría entonces que  $X_t \sim \text{VAR}(p)$  si y solamente si existe un ruido blanco  $\varepsilon_t (\varepsilon_t \sim \text{RB}(0, \Sigma_\varepsilon))$ ,  $\Phi_0 \in R^N$  y  $p$  matrices  $\Phi_1, \dots, \Phi_p$  tales que:

$$X_t - \sum_{i=1}^p \Phi_i X_{t-i} = \Phi_0 + \varepsilon_t \quad (3.8)$$

sea:

$$\Phi(L)X_t - \Phi_0 + \varepsilon_t \quad (3.9)$$

Donde  $\Phi_0$  es la matriz identidad  $(I)^1$ , y:

$$\Phi(L) = I - \sum_{i=1}^p \Phi_i L^i \quad (3.10)$$

En base a esto es importante recalcar un par de observaciones como que:

“La representación VAR puede ser generalizada con el fin de tener en cuenta la autocorrelación de los errores de orden  $q$ ” (análogo a la generalización de un AR a un ARMA). Tenemos entonces un proceso ARMA multivariado, conocido como proceso VARMA, el mismo que puede escribirse como:

$$X_t = \Phi_0 + \Phi_1 X_{t-1} + \dots + \Phi_p X_{t-p} + \varepsilon_t + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \dots + \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (3.11)$$

sea:

$$\Phi(L)X_t - \Theta(L)\varepsilon_t + \Phi_0 \quad (3.12)$$

Donde  $\Phi$  es un polinomio matricial de orden  $p$  y  $\Theta$  es un polinomio matricial de orden  $q$ .

“En un proceso MA multivariado (VMA), cada componente sigue un MA. Sin embargo, en un VAR, cada componente no sigue forzosamente un AR”.

“Todo proceso VAR( $p$ ) puede escribirse bajo la forma de VAR(1), pero de dimensión superior ( $Np$  en lugar de  $N$ ). Sea el proceso VAR”:

$$\Phi(L)X_t = \Phi_0 + \varepsilon_t \quad (3.13)$$

Matricialmente:

$$Y_t = \begin{bmatrix} X_t \\ X_{t-1} \\ \vdots \\ X_{t-(p-1)} \end{bmatrix} \quad (3.14)$$

Y que se puede transcribir como:

$$Y_t = \Phi Y_{t-1} + \tilde{\Phi}_0 + \tilde{\varepsilon}_t \quad (3.15)$$

con:

$$\Phi_0 = \begin{bmatrix} \Phi_0 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix}; \tilde{\varepsilon}_t = \begin{bmatrix} \varepsilon_t \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix}; \Phi = \begin{bmatrix} \Phi_0 & \Phi_2 & \dots & \Phi_p \\ I_N & 0 & \dots & 0 \\ 0 & I_N & 0 & \\ \vdots & & \ddots & \\ 0 & & & \end{bmatrix} \quad (3.16)$$

Donde  $I_N$  es la matriz identidad, y por d efecto se obtendría un VAR(1) de dimensión  $Np$ .

$$Y_t = \begin{bmatrix} X_t \\ X_{t-1} \\ \vdots \\ X_{t-(p-1)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Phi_0 & \Phi_2 & \dots & \Phi_p \\ I_N & 0 & \dots & 0 \\ 0 & I_N & 0 & \\ \vdots & & \ddots & \\ 0 & & & \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_{t-1} \\ X_{t-2} \\ \vdots \\ X_{t-p} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Phi_0 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_t \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix} \quad (3.17)$$

### 3.1.1 REPRESENTACIÓN CANÓNICA Y PROCESOS DE INNOVACIÓN

Consideremos un proceso VAR( $p$ ) centrado, es decir con  $\Phi_0 = 0$ .

$$\Phi(L) = X_t = \varepsilon_t \quad (3.18)$$

Se puede escribir:

$$X_t = \Phi^{-1}(L) \varepsilon_t = \frac{\Phi(L)'}{\det \Phi(L)} \varepsilon_t \quad (3.19)$$

En este sentido “si todas las raíces del determinante de  $\Phi(L)$  son de módulo superior a 1, entonces la ecuación  $\Phi(L) = X_t$  es una representación canónica<sup>28</sup> y  $\varepsilon_t$  es conocida como la innovación del proceso.

En este proceso es importante realizar las siguientes observaciones:

- a) Si las raíces del  $\det \Phi(L)$  son de módulo superior a uno, se puede cambiar las raíces por su inversa y modificar el ruido blanco asociado con el fin de reducirse a la representación canónica
- b) Si al menos una de las raíces del  $\det \Phi(L)$  es igual a uno, el proceso ya no es estacionario y no podemos reducirlo a una representación canónica.
- c) En representación canónica, la previsión se escribe:

$$E[X_{t+1} | \underline{X}_t] = \sum_{i=1}^P \Phi_i X_{t+1-i} \quad (3.20)$$

Donde  $\underline{X}_t$  representa al pasado de  $X$  hasta el tiempo  $t$ .

### 3.1.2 FUNCIÓN DE AUTOCORRELACIÓN Y FUNCIÓN DE AUTOCOVARIANZA.

Se presenta las principales características de los procesos VAR. Consideremos un proceso VAR(1).

$$X_t = \Phi_0 + \Phi_1 X_{t-1} + \varepsilon_t \quad (3.21)$$

Donde  $\varepsilon_t \sim RB(0, \Sigma_\varepsilon)$ .

---

<sup>28</sup> Las innovaciones canónicas están asociadas a los procesos VAR irrestrictos. Representan choques o impulsos cuya propagación se traduce por las fluctuaciones del sistema dinámico en estudio.

## ESPERANZA

Obteniendo el valor esperado de (3.21):

$$E[X_t] = E[\Phi_0 + \Phi_1 X_{t-1} + \varepsilon_t] \quad (3.22)$$

Cuando el proceso es estacionario, se tiene  $E[X_t] = E[X_{t-1}]$ , y desde donde sabiéndose que el valor esperado de los errores es igual a cero  $E[\varepsilon_t] = 0$ ; se podría decir que:

$$E[X_t] = \Phi_0 + \Phi_1 E[X_t] \quad (3.23)$$

De donde:

$$E[X_t] = (I - \Phi_1)^{-1} \Phi_0 \quad (3.24)$$

## FUNCIÓN DE AUTOCOVARIANZA

Considerando el proceso centrado:  $Y_t = X_t - E[X_t]$ , sea:

$$Y_t = \Phi_1 Y_{t-1} - \varepsilon_t \quad (3.25)$$

La función de autocovarianza “ $\Gamma$ ” está dada por:

$$\Gamma(0) = E[Y_t Y_t'] = E[\Phi_1 Y_{t-1} Y_t' + \varepsilon_t Y_t'] \quad (3.26)$$

Entonces,

$$E[\varepsilon_t Y_t'] = E[\varepsilon_t (\Phi_1 Y_{t-1} - \varepsilon_t)'] = \Phi_1 E[\varepsilon_t Y_{t-1}'] + E[\varepsilon_t \varepsilon_t'] \quad (3.27)$$

Como  $\varepsilon_t \sim RB(0, \Sigma_\varepsilon)$ , se tiene:

$$E[\varepsilon_t Y_{t-1}'] = 0 \quad (3.28)$$

Entonces tenemos:



$$[\varepsilon_t Y_t] = E[\varepsilon_t \varepsilon_t'] = \Sigma_\varepsilon \quad (3.29)$$

Tomando la ecuación (3.26):

$$\Gamma(0) = \Phi_1 E[Y_{t-1} Y_t'] + \Sigma_\varepsilon \quad (3.30)$$

Por fin, teniéndose en cuenta que  $E[Y_{t-1} Y_t'] = \Gamma(1)$ , se puede deducir que

$$\Gamma(0) = \Phi_1 \Gamma(1)' + \Sigma_\varepsilon \quad (3.31)$$

De donde se puede calcular la autocovarianza de orden 1 de la siguiente manera

$$\Gamma(1) = E[Y_{t-1} Y_t'] = E[(\Phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t) Y_{t-1}'] = \Phi_1 \Gamma(0) \quad (3.32)$$

Y desde donde se deriva la fórmula de recurrencia para la matriz de autocovarianza de orden  $h$  de un proceso VAR(1):

$$\Gamma(h) = \Phi_1 \Gamma(h-1) \quad \forall h \geq 1 \quad (3.33)$$

## AUTOCORRELACIÓN PARCIAL

Para el caso univariado, en la determinación del número de retardos  $p$  de un proceso AR se utiliza la función de autocorrelación parcial. En el caso multivariado, se dispone de matrices de autocorrelación parcial, aunque generalmente en la práctica se impone dichos rezagos de forma a priori. La idea es tener órdenes de retardo  $p$  bastante grandes y que puedan ser reducidos de tamaño, con la ayuda de criterios de información, que evitan fijar arbitrariamente el valor de  $p$  con el fin de que el número de parámetros que hay que estimar  $pN^2$  no sea demasiado grande. Los argumentos de pruebas de causalidad van a permitir jerarquizar las variables y reducir el número final de parámetros a estimar.

### 3.1.3 ESTIMACIÓN DE LOS PARÁMETROS EN UN SISTEMA VAR

Los parámetros de los procesos VAR pueden ser estimados sólo sobre series temporales estacionarias (sin variación estacional y sin tendencia) por el método de

los mínimos cuadrados ordinarios (MCO) o más generalmente por la técnica de máxima verosimilitud.

## MÍNIMOS CUADRADOS ORDINARIOS

Considerando el proceso descrito VAR(p):

$$\Phi(L) X_t = \varepsilon_t \quad (3.34)$$

Con;  $\varepsilon_t \sim RB(0, \Sigma_\varepsilon)$ ,

Se determina en primer lugar el número de parámetros estimar:

- $\frac{N(N+1)}{2}$  parámetros a estimar en  $\Sigma_\varepsilon$
- $N^2 p$  parámetros a estimar en  $\Phi$

En total, se tiene entonces  $N^2 p + \frac{N(N+1)}{2}$  parámetros para estimar en un VAR (p)

Matricialmente:

$$\begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_{11} \\ X_{12} \\ \vdots \\ X_{11} \\ X_{11} \\ \vdots \\ X_{NT} X_N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \underline{X} & \dots & 0 \\ 0 & \underline{X} & \dots \\ & & \ddots \\ & & & \underline{X} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \psi_1 \\ \psi_1 \\ \vdots \\ \psi_N \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_{11} \\ \varepsilon_{12} \\ \vdots \\ \varepsilon_{1T} \\ \varepsilon_{21} \\ \vdots \\ \varepsilon_{NT} \end{bmatrix} \quad (3.35)$$

Donde se busca estimar  $(\Phi_1 \Phi_2 \dots \psi_N)'$ . Mientras la matriz de varianza-covarianza de los errores del proceso p se puede obtener de la siguiente forma:

$$\begin{bmatrix} \begin{pmatrix} \sigma_{11} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \ddots & & \\ 0 & & & \sigma_{11} \end{pmatrix} & \begin{pmatrix} \sigma_{12} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \ddots & & \\ 0 & & & \sigma_{12} \end{pmatrix} & \dots \\ \begin{pmatrix} \sigma_{21} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \ddots & & \\ 0 & & & \sigma_{21} \end{pmatrix} & \begin{pmatrix} \sigma_{22} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \ddots & & \\ 0 & & & \sigma_{22} \end{pmatrix} & \dots \\ & & \begin{pmatrix} \sigma_{NN} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \ddots & & \\ 0 & & & \sigma_{NN} \end{pmatrix} \end{bmatrix} \quad (3.36)$$

La matriz var-cov de esta matriz se puede escribir como:

$$V[\varepsilon] = \Sigma_{\varepsilon} \otimes I = \Omega \quad (3.37)$$

Desde donde  $\Sigma_{\varepsilon} = \sigma_{ij}$  y  $\otimes$  representa el producto de Kronecker.

## MÁXIMA VEROSIMILITUD

Considerando un proceso VAR( $p$ ):

$$X_T = \Phi_1 X_{t-1} + \Phi_2 X_{t-1} + \dots + \Phi_p X_{t-p} + \varepsilon_t \quad (3.38)$$

Con  $\varepsilon_t \sim \text{RB}$  del var-cov; y desde donde la máxima verosimilitud se puede expresar como condicional a todos los valores pasados del proceso:

$$L(X_1 \dots X_T) = \prod_{t=1}^T L(X_t | \underline{X_{t-1}}) \quad (3.39)$$

Donde:  $\underline{X_{t-1}}$  representa todo el pasado de  $X_t$ , hasta el tiempo (t-1); y donde la verosimilitud  $L(X_1 \dots X_T)$  se representa como:

$$\begin{aligned} &= \prod_{t=1}^T \frac{1}{(\sqrt{2\pi})^N \sqrt{\det \Sigma_{\varepsilon}}} \times \\ &\exp\left[-\frac{1}{2} \sum_{t=1}^T (X_t - \Phi_1 X_{t-1} - \dots - \Phi_p X_{t-p})' \right. \\ &\quad \left. \Sigma_{\varepsilon}^{-1} (X_t - \Phi_1 X_{t-1} - \dots - \Phi_p X_{t-p})\right] \end{aligned} \quad (3.40)$$

Aplicando logaritmos:

$$\text{Log } L((X_1 \dots X_T)) = -\frac{NT}{2} \log 2\pi - \frac{T}{2} \log \det \hat{\Sigma}_\varepsilon - \frac{1}{2} \sum_{t=1}^T \varepsilon_t' \hat{\Sigma}_\varepsilon^{-1} \varepsilon_t \quad (3.41)$$

Maximizamos esta expresión con el fin de obtener las estimaciones de  $\Phi_1 \dots \Phi_p$ , y de  $\hat{\Sigma}_\varepsilon$

### 3.1.4 TEST DE VALIDACIÓN: ESPECIFICACIÓN Y CRITERIOS DE INFORMACIÓN.

Con el fin de determinar el orden  $p$  de un proceso VAR la forma más comúnmente utilizada son los criterios de información AIC, BIC y HQ, partiendo de 0, hasta  $h$  como retardo máximo, los cuales formalmente pueden definirse de la siguiente forma:

$$\text{AIC} = \log \det \hat{\Sigma}_\varepsilon + \frac{2N^2p}{T} \quad (3.42)$$

$$\text{BIC} = \log \det \hat{\Sigma}_\varepsilon + N^2p \frac{\log T}{T} \quad (3.43)$$

$$\text{HQ} = \log \det \hat{\Sigma}_\varepsilon + N^2p \frac{2 \log(\log T)}{T} \quad (3.44)$$

Donde  $N$  es el número de variables del sistema,  $T$  es el número de observaciones y  $\hat{\Sigma}_\varepsilon$  es un estimador de la matriz de var - cov de los residuos.

El criterio de AIC sobreestima el verdadero valor de  $p$  asintóticamente, mientras que los BIC y HQ son asintóticamente consistentes, si es que el  $p < p_{max}$ .

### 3.1.5 PREVISIÓN A LOS PROCESOS VAR.

Consideramos un proceso VAR( $p$ ):

$$X_t = \hat{\Phi}_1 X_{t-1} + \dots + \hat{\Phi}_p X_{t-p} + \varepsilon_t \quad (3.45)$$

Desde donde se supone que hemos elegido  $p$  rezagos, y que los  $\Phi_i$  y var-cov ( $\varepsilon_t$ ) han sido estimados. Así con el fin de realizar previsiones, es necesario verificar que el

modelo está bien representado en su forma canónica; para lo que, calculamos el determinante del polinomio  $\Phi(L)$  y miramos si las raíces están por fuera de la unidad. Si ese es el caso, entonces la previsión en  $(T+1)$  del proceso es:

$$E(X_{T+1} | \underline{X}_T) = \hat{\Phi}_1 X_T + \dots + \hat{\Phi}_p X_{T-p+1} \quad (3.46)$$

Donde  $\underline{X}_T$  representa el pasado de  $X$  hasta el tiempo  $T$ .

### 3.1.6 REPRESENTACIÓN VMA DE UN PROCESO VAR

Se ha visto que un VAR en representación canónica, está dada por:

$$\Phi(L) X_t = \varepsilon_t \quad (3.47)$$

Donde  $\varepsilon_t$ , es un ruido blanco, obteniéndose:

$$X_t = \sum_{i=1}^p X_{t-i} + \varepsilon_t \quad (3.48)$$

En este caso, según el teorema de Wold, este proceso puede ser escrito sobre la forma de un proceso VMA (vector de medias móviles) infinito:

$$X_t = \sum_{j=0}^{\infty} \theta_j \varepsilon_{t-j} = (L) \varepsilon_t \quad (3.49)$$

La ecuación anterior se obtiene de invertir la representación autorregresiva y expresa las variables endógenas como una combinación lineal de choques.

Donde:

$$(L) = \sum_{j \geq 0} \theta_j L^j, \quad \theta_j = I \quad (3.50)$$

De esta forma,  $\varepsilon_t$  representa el vector de las innovaciones canónicas del proceso. Las innovaciones canónicas representan la parte más pequeña no previsible de cada una de las variables que componen el sistema VAR.

Esta representación de medias móviles es muy útil en términos del análisis de impulso-respuesta, desde donde las innovaciones canónicas se pueden interpretar como los choques cuya propagación está caracterizada por la dinámica del VAR o de manera equivalente por los multiplicadores dinámicos  $\theta_j, j \geq 0$ . Es a través de las matrices que se refleja un choques durante el proceso. Caracterizamos las respuestas de las diferentes series  $X_{it}$  ( $i = 1, \dots, N$ ) a las diferentes innovaciones  $\varepsilon_{js}$  ( $s \leq t$ ) a partir de los multiplicadores dinámicos:

$$\theta_{ij,t-s} = \frac{\partial X_{it}}{\partial \varepsilon_{js}} \quad (3.51)$$

Así, el multiplicador  $\theta_{ij,t-h}$  representa el efecto del choque  $j$  sobre la variable  $i$ ,  $h$  períodos después del choque.

### 3.1.7 PRINCIPALES FUNCIONES DE LOS VAR's

En los sistemas VAR existe la posibilidad del uso de herramientas para el análisis dinámico de las relaciones de las variables de interés, de entre las cuales se tienen:

- Función de impulso respuesta (IR)
- Descomposición de la varianza

### FUNCIÓN DE IMPULSO RESPUESTA

El análisis de impulso-respuesta nos permite conocer el comportamiento de los valores actuales y futuros de las variables endógenas ante un choque de una innovación (variables estocásticas), muy útil en las aplicaciones empíricas.

Un impacto sobre la  $i$ -ésima variable puede afectar directamente a la misma, pero también se transmite al conjunto de las variables restantes. Esto en prospectiva, significa que ante un incremento de una unidad en el valor actual de uno de los errores, este error vuelve a cero en períodos posteriores (medida determinada por una desviación estándar); aunque hay que tomar en cuenta que cambiar un error mientras se mantiene a las otras variables constantes tiene más relevancia cuando los errores no están correlacionados a través de un sistema de ecuaciones, por lo que se

recomienda en el mejor de los escenarios que los impulsos-respuesta sean calculados para VAR estructurales y recursivos.

Para ejemplificar esto, consideremos dos estimaciones en nuestro proceso VAR  $X_t$  (donde  $t+T$  conlleva a  $X_{t+T}$ ). Supongamos que la primera estimación experimenta un solo Impacto que interviene en  $t$ , con duración entre  $t$  y  $t+T$ . La segunda estimación supone que el sistema no sufre el choque entre  $t$  y  $t+T$ ; conllevando a definir la función de impulso respuesta como la diferencia entre las dos estimaciones, que son iguales hasta el periodo  $t-1$

## DESCOMPOSICIÓN DE LA VARIANZA

La descomposición de la varianza como un análisis complementario a la función de impulso-respuesta, muestra en varios horizontes de tiempo el porcentaje de volatilidad que registra una variable por los choques del resto de variables, es decir, demuestra la que proporción de la varianza de sus propias innovaciones y que porcentaje se debe al resto de la serie endógena. (Zuccardi 2002)

Tal descomposición se obtiene luego de “*ortogonalizar*” el vector de perturbaciones, que consiste en distribuir la responsabilidad de las correlaciones reflejadas en la matriz de covarianza entre los distintos componentes del vector de perturbaciones, y desde donde se pueden calcular las contribuciones de las innovaciones sobre el error de predicción del período siguiente.

El examen de estas descomposiciones de varianza permite observar el nivel de exogeneidad de las variables en estudio ya que, mientras más exógena sea una variable, una mayor proporción de la varianza de su pronóstico será atribuible a innovaciones en ella misma, para diferentes horizontes.

### 3.1.8 MODELOS DE FACTORIZACIÓN ESTRUCTURAL

Segun Keating (1996), los primeros modelos de factorización estructural o SVAR (vectores autoregresivos estructurales) fueron desarrollados por Bernanke (1986), Blanchard y Watson (1986) y Sims (1986), utilizando aspectos de “teoría económica”

para identificar restricciones y supuestos de identificación sobre las ecuaciones que involucran al sistema VAR por completo o a parte de ella<sup>29</sup>.

El principal propósito de la estimación de los modelos de VAR estructurales (SVAR) es obtener una ortogonalización no recursiva de los términos de error para el análisis de impulso-respuesta. A diferencia de la ortogonalización recursiva de Cholesky, la propuesta de SVAR requiere imponer restricciones al VAR a efectos de identificar los componentes estructurales ortogonales (o sea no correlacionados entre sí) de los términos de error. Estas restricciones podrían ser de corto o de largo plazo. (a brevedad se analizarán intrínsecamente cada uno de estos elementos)

Hasta ahora se ha visto que un proceso VAR en su representación canónica se puede escribir de la forma de un VMA ( $\infty$ ), desde donde se puede desprender un proceso VAR en su forma estructural suponiendo que el vector de las innovaciones canónicas  $\varepsilon_t$  es una combinación lineal de las innovaciones estructurales  $u_t$  en el mismo instante tiempo:

$$\varepsilon_t = Cu_t \quad (3.52)$$

Donde C es una matriz de paso: inversible y de dimensión  $N \times N$  que debe ser estimada desde:

$$X_t = \sum_{i=1}^P \Phi_i X_{t-i} + \varepsilon_t \quad (3.53)$$

Donde multiplicando por la matriz  $\hat{C}^{-1}$  (donde  $\hat{C}$  es un estimador de C) se obtendría:

$$\hat{C}^{-1}X_t = \hat{C}^{-1} \sum_{i=1}^P \Phi_i X_{t-i} + \hat{C}^{-1}\varepsilon_t \quad (3.54)$$

Si:

$$X_t = X_t - \hat{C}^{-1}X_t + \sum_{i=1}^P \Phi_i X_{t-i} + \hat{C}^{-1}\varepsilon_t \quad (3.55)$$

Desde donde se puede deducir un proceso estructural VAR:

---

<sup>29</sup> <http://www.banguat.gob.gt/inveco/notas/articulos/envolver.asp?karchivo=4401&kdisc=si>



$$X_t = \sum_{i=0}^p \psi_i X_{t-i} + u_t \quad (3.56)$$

Con  $u = \hat{C}^{-1} \varepsilon_t$ ,  $\psi_i = \hat{C}^{-1} \Phi_i$  para  $1 \leq i \leq p$

Es decir un VAR estructural es posible cuando se calcula la matriz  $C$ , y de esta misma forma se pueden pasar los choques estimados a los choques estructurales

$$\hat{u}_t = C_0 \hat{\varepsilon}_t \quad (3.57)$$

Identificados los choques correctamente y si sus efectos son significativos y en concordancia con la teoría, entonces el análisis de impulso-respuesta permite medir los efectos de una política económica.

## ORTOGONALIZACION DE LOS CHOQUES

Si dos innovaciones no están correlacionadas la interpretación de la función de impulso-respuesta es muy simple; más sin embargo, en la práctica las innovaciones generalmente están correlacionadas, haciendo que el análisis de la propagación de los choques se vuelva poco factible, por lo que es necesario ortogonalizar los choques con la ayuda de una transformación lineal, mismo que es posible cuando el vector de las innovaciones canónicas se multiplica por una matriz de paso (la  $C$  previamente definida), obteniendo innovaciones interpretables no correlacionadas instantáneamente.

Los errores se pueden ortogonalizar utilizando la denominada “descomposición de *Cholesky*”; desde donde se argumenta que la matriz var-cov de las innovaciones resultante es diagonal, y el resultado final dependerá “fuertemente del orden” en el que se coloquen las series ya que la matriz obtenida es una triangular inferior.

En este orden de cosas, la descomposición *Cholesky* se trata de un método estadístico para imponer  $\frac{N(N-1)}{2}$  restricciones suplementarias, desde donde según Sims (1980); argumenta que dicha matriz inferior se conformaría tras utilizar la operación  $CC' = \sum_{\varepsilon}$  seleccionando el orden de series desde la variable más exógena a la más endógena.

Como ejemplo supongamos que tenemos un VAR de dimensión 2 con  $X_t = (X_{1t}, X_{2t})$ :

$$\begin{bmatrix} \Phi_{11}(L) & \Phi_{12}(L) \\ \Phi_{21}(L) & \Phi_{22}(L) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_{1t} \\ X_{2t} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \varepsilon_{1t} \\ \varepsilon_{2t} \end{bmatrix} \quad (3.58)$$

Sabiéndose que  $\varepsilon_t = Cu$  tal como se describe en (3.52)

$$\begin{bmatrix} \Phi_{11}(L) & \Phi_{12}(L) \\ \Phi_{21}(L) & \Phi_{22}(L) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_{1t} \\ X_{2t} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_{11} & 0 \\ C_{21} & C_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_{1t} \\ u_{2t} \end{bmatrix} \quad (3.59)$$

Que significa que la segunda innovación estructural no tiene ningún impacto sobre la primera, justificada por el hecho de que las series son afectadas por un número creciente de variables contemporáneas que son cada vez más endógenas.

Uno de los puntos débiles de este tipo de descomposición es que la identificación de los errores responde más a criterios mecánicos, por lo que este debería acompañarse necesariamente de la teoría económica, para la imposición conveniente de cierto tipo de restricciones.

## RESTRICCIONES DE CORTO PLAZO

Desde un punto de vista práctico, las restricciones de corto plazo se traducen por la nulidad de un cierto número de coeficientes en la matriz  $C$ , determinada desde la dinámica estacionaria (con VAR en niveles), y que ausenta respuestas instantáneas de ciertas series al impulso estructural.

Replantando la ecuación en la forma reducida o canónica, hacia la forma estimable:

$$Ay_t = C(L)y_t + Bu_t \quad (3.60)$$

Se decía que los errores estocásticos  $\mu_t$  son normalmente distribuidos, es decir:  $\mu_t \sim N(0, I)$ , y la misma no podía estimarse directamente debido a problemas de identificación, por lo que :

$$y_t = A^{-1}C(L)y_t + A^{-1}Bu_t \quad (3.61)$$

A través de estos procesos canónicos es posible estimar los residuos estocásticos aleatorios

$A^{-1}Bu_t$  de los residuos  $\varepsilon_t$ :

$$A^{-1}Bu_t = \varepsilon_t \quad (3.62)$$

Al reformular la expresión (3.62) se tiene  $A^{-1}Bu_t u'_t B' A^{-1'} = \varepsilon_t \varepsilon'_t$ , y como  $u_t u'_t = I$ , quedaría:

$$A^{-1}BB'A^{-1'} = \varepsilon_t \varepsilon'_t \quad (3.63)$$

Donde se sugiere que si hubiera  $k$  variables, las propiedades de simetría impondrían  $\frac{k(k+1)}{2}$  restricciones sobre los  $2k^2$  elementos no conocidos en A y B. De ahí que deban imponerse  $\frac{k(3k-1)}{2}$  restricciones adicionales. Al seguir a Amisano y Giannini (1997) el esquema de restricciones tomaría la siguiente forma:

$$A\varepsilon_t = Bu_t \quad (3.64)$$

Donde  $\varepsilon_t$  y  $u_t$  son vectores de dimensión  $k$ . Las innovaciones estructurales se suponen ortonormales, de forma que la matriz de covarianzas es una matriz identidad  $E(u_t u'_t) = I$ . El supuesto de innovación ortonormal para  $u_t$  implica imponer restricciones de identificación<sup>30</sup> sobre las matrices A y B, siendo  $\Sigma = E[\varepsilon_t \varepsilon'_t]$  la matriz de covarianza de los residuos:

$$A\Sigma A' = BB' \quad (3.65)$$

En un modelo de  $k$  variables, si la matriz A se especificara como una matriz triangular inferior con unos en diagonal principal y la matriz B como diagonal (por ejemplo para  $k = 4$ ), las mismas podrían indicarse como:

---

<sup>30</sup> En un modelo con  $k$  variables endógenas el número de restricciones a imponer sobre las matrices estructurales A y B sería igual a  $\frac{k^2 + k(k-1)}{2}$  (=22 con  $k=4$ ) para que la forma estructural quede perfectamente identificada.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ a_{21} & 1 & 0 & 0 \\ a_{31} & a_{32} & 1 & 0 \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & 1 \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} \beta_{11} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \beta_{22} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \beta_{33} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \beta_{44} \end{bmatrix} \quad (3.66)$$

Entonces, sería necesario estimar la forma reducida de un sistema de VAR con  $k$  variables endógenas, y luego, deberían determinarse las restricciones<sup>31</sup> al modelo para que se defina perfectamente identificado y puedan determinarse las respuestas de corto plazo de las variables endógenas a las innovaciones estructurales.

### RESTRICCIONES DE BLANCHARD Y QUAH

Estas restricciones se basan en el hecho de que ciertos impulsos estructurales no tienen efecto de largo plazo sobre ciertos componentes del sistema, por lo que es una alternativa al corto plazo para imponer las restricciones de forma indirecta e identificar los errores estructurales y los impulsos-respuesta.

De hecho cuando se habla de restricciones de largo plazo, se habla homológamente de restricciones de Blanchard y Quah, autores que en 1989 a través de un estudio de descomposición del PIB real, llegan a la conclusión que los shocks de productividad de oferta tienen un efecto “permanente” sobre el comportamiento de esta variable, y luego que los shocks de demanda tienen un efecto “temporal” o transitorio sobre la productividad. En este mismo año Shapiro y Watson también proponen restricciones de largo plazo, utilizando la hipótesis de identificación de crisis sobre las economías desde la parte de la oferta, asumiendo que las crisis a la tecnología, los precios del petróleo, y la oferta de trabajo afectan permanentemente a la producción. Los shocks de demanda agregada, monetaria y real por su parte pueden afectar la producción, en el corto plazo (restricción de largo plazo). Sui-géneris a estos planteamientos restrictivos de largo plazo, también surgen aquellos que plantean la teoría de “neutralidad del dinero”, desde donde se diserta que cuando se mueven o “varían” las variables nominales en un determinado plazo, estas lo hacen en igual proporción y sin efectos sobre las variables reales. Entonces, si el dinero es neutral, al aumentar la cantidad nominal de dinero al final de todos los ajustes, quedarán iguales los saldos reales de dinero.

---

<sup>31</sup> Por hechos estilizados o por teoría económica.

A manera de ejemplo tomando extractos del trabajo original de los autores B & Q; donde se tiene el PIB (demanda agregada) y el desempleo (oferta agregada), como las variables que toman la forma VMA, y desde donde las formas restrictivas aquí planteadas colindan de la siguiente forma:

$$Y_t = \sum_{k=0}^{\infty} c_{11}(k) \varepsilon_{1t-k} + \sum_{k=0}^{\infty} c_{12}(k) \varepsilon_{2t-k}$$

$$Z_t = \sum_{k=0}^{\infty} c_{21}(k) \varepsilon_{1t-k} + \sum_{k=0}^{\infty} c_{22}(k) \varepsilon_{2t-k}$$

Matricialmente:

$$\begin{bmatrix} Y_t \\ Z_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_{11}(L) & C_{12}(L) \\ C_{21}(L) & C_{22}(L) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varepsilon_t \\ \varepsilon_t \end{bmatrix} \quad (3.67)$$

Donde:

- $Y_t$  es el crecimiento del PIB real
- $Z_t$  es la tasa de desempleo
- $C_{ij}(L)$  es el polinomio del operador de rezagos  $L$
- $\varepsilon_{1t}$  es el shock de la oferta agregada
- $\varepsilon_{2t}$  es el shock de la demanda agregada

Como se explica antes, Blanchard y Quah (1989) asumen supuestos keynesianos sobre la demanda y oferta. De esta manera, se indica que un shock de demanda agregada tiene efectos de corto plazo en el PIB y uno de oferta agregada tiene un efecto de largo plazo. Por consiguiente el efecto acumulativo del shock  $\varepsilon_{2t}$  en  $Y_t$  es igual a cero:

$$\begin{bmatrix} Y_t \\ Z_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_{11}(L) & 0 \\ C_{11}(L) & C_{11}(L) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varepsilon_t \\ \varepsilon_t \end{bmatrix} \quad (3.68)$$

Un problema de esta metodología es recuperar la estimación del modelo VAR ya que no se puede observar la magnitud de los shocks de demanda y oferta agregada. De esta manera, tal como se expresaba en la ecuación (3.57) un VAR estructural es posible cuando se calcula la matriz C, y de esta misma forma se pueden pasar los choques estimados a los choques estructurales:

$$\hat{u}_t = C_0 \hat{\varepsilon}_t$$

### 3.2 METODOLOGÍA DE BOX JENKINS.

Las investigaciones económicas que utilizan modelos de series de tiempo, sugieren un par de etapas básicas (basadas en la metodología de Box-Jenkins), por las que deben transcurrir cualesquier tipo de sistemas multivariantes previo a su utilización final como herramientas de inferencia, o de pronóstico cual fuese el caso.

1. Identificar la presencia de no estacionariedad o de raíz unitaria en para determinar el orden de integración de cada serie de tiempo a utilizarse. Esto es posible a través del test de Dickey Fuller Aumentado o de Phillips Perron. Sin embargo, antes de realizar los procesos de diferenciación para corregir la presencia de raíz unitaria (de darse el caso), habrá que realizar un análisis de cointegración de las variables en niveles a través de las pruebas de Johansen, puesto que la metodología econométrica exige que se revise este aspecto, para determinar la existencia de una relación de largo plazo o de corto plazo entre las series de tiempo
2. Configurar el VAR estructural a la forma reducida para obtener el número óptimo de rezagos con la finalidad que el VAR cumpla con las propiedades fundamentales para su desarrollo, es decir, la condición de normalidad y la de ruido blanco en los residuos
3. En este apartado se da paso a la identificación de nuestro modelo SVAR, donde se puede optar por utilizar las propuestas desde los enfoques de Sims y/o Blanchard y Quah. Es decir se puede escoger por la opción de triangularizar una matriz inferior A y acompañarla de una matriz diagonal B (restricciones de corto plazo); o neutralizar el efecto a largo plazo de ciertos choques sobre la dinámica del modelo con la triangularización de C (restricción de largo plazo).

4. Dado que el proceso de identificación llega a una formación tentativa de un modelo, en este paso se procede a la estimación del modelo en cuestión. Los parámetros del proceso VAR podrían ser estimados por Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO), o utilizando la técnica de Máxima Verosimilitud, especialmente cuando los parámetros están sujetos a restricciones SVAR. (Lardic y Mignon, 2002)- Tal como se expuso en el tratado (3.1.3) dicha técnica asume que los errores deberían tener en primera instancia una función de distribución normal.

5. Finalmente el modelo construido permitirá efectuar el proceso de simulación, que consiste en determinar los efectos aislados de cada una de las variables sobre el resto. Para llevar a cabo este proceso de simulación se utiliza las herramientas de función de impulso - respuesta y de descomposición de la varianza del error de predicción..

## CAPÍTULO 4

# APLICACIÓN AL CASO ECUATORIANO

---

En este capítulo se presenta la metodología SVAR desde el enfoque Blanchard y Quah aplicado al caso interno, a partir del cual se pretende analizar objetivamente el impacto de las perturbaciones petroleras sobre el crecimiento nacional, además de dar un seguimiento al impacto de choques advenidos desde otras fuentes con la finalidad de conjugar y potencializar el análisis. Por otro lado, se propone de la mano de la literatura un par de modelos alternativos al modelo estructural, convergentes desde la perspectiva irrestricta tanto desde el orden lineal y no linealidad, esto es, basado en los estudios de Mork (1989) para análisis de asimetrías. La sinergia de estos análisis ayudara a matizar y robustecer los resultados obtenidos al final de este texto.

Como se argumentó anteriormente la potencia de los modelos SVAR radica principalmente en sus herramientas de descomposición de varianza que puede ser interpretada económicamente a diferencia de las predispuestas desde los procesos canónicos reducidos o simples. La funcionalidad de los modelos SVAR subyace en la ortogonalización y normalización de los términos de error, donde se requiere imponer restricciones al VAR irrestricto (según las condiciones del modelo) a efectos de “identificar” los componentes estructurales no observables y dar cabida a los resultados estructurales.

Para dicha aplicación, nuestro sistema debe partir de la condición Neo-keynesiana de economía “pequeña y abierta” (Hoffmaister y Roldos 1997, Rydland 2011, Lanteri 2011, Amira 2013), Asumir este supuesto implica que nuestro modelo contendrá dos bloques de variables, uno donde se incluyen las consideradas puramente externas, y un segundo donde confluyen variables domésticas. Esto implica que los choques domésticos “no tendrían por qué afectar las variables del sector externo”, y que al contrario las externas “sí” podrían hacerlo sobre las domésticas. En el espíritu los modelos estructurales VAR, a decir de estos autores, esto significaría la exclusión de



restricciones impuestas desde el ordenamiento empírico<sup>32</sup>, esto a efectos de evitar la “sub” o “sobre” identificación del sistema (Rydland 2011). Para este fin se utiliza generalmente el enfoque “Cholesky” donde reposa el marco estructural de este tipo de modelos.(Zuccardi 2002).

#### **4.1 VARIABLES.**

La elección de las variables consideradas en este trabajo se encuentran plenamente respaldados por estudios especializados en análisis de impactos petroleros y exógenos en general. El sustento teórico converge de los trabajos de Hoffmaister y Roldós (1997), Bjornland (2000), Jiménez-Rodríguez y Sánchez (2004), Perilla (2009), Zaytsev (2010), Uribe y Ulloa (2011), Rydland (2011), Lanteri (2011), Arshad y Ahmed (2012) y Amira (2013).

##### **4.1.1 JUSTIFICACIÓN DE USO.**

Retomando las teorías que circunscriben las bases literarias del segundo capítulo, se argumentaba que un aumento en los precios del petróleo o de cualquier otro tipo de recurso natural importante en el contexto económico de un país, implicaba una transferencia de riqueza de los países importadores a los países exportadores. Por lo tanto un incremento en los precios externos de dichas materias, significa al menos desde el punto de vista del exportador aumentos en su ingreso y riqueza que se esperaba conlleven incrementos en su crecimiento. Estos efectos podían magnificarse positivamente si se llevaban de la mano políticas activas, o por el contrario tal como lo demuestra la historia, adjudicar procesos negativos que subyacen en estancamientos y una serie de irregularidades económicas que se argumentan extensivamente en los cálculos y representaciones de Sachs y Warner (2001). No obstante, los mayores ingresos percibidos desde la parte externa podían traer consigo procesos “de apreciación” de la moneda local y concretarse incluso en situaciones de enfermedad holandesa, el ejemplo más claro: Canadá y Reino Unido, que a pesar de ser economías exportadoras netas de crudo, han visto reducidos sus niveles de crecimiento (exclusivamente durante choques positivos de precios), debido a repercusiones cambiarias conllevadas por dicho mal. Es decir, los efectos de alzas en

---

<sup>32</sup> Las restricciones empíricas, se basan en el análisis de co-movimientos de las series de tiempo a fin de obtener las correlaciones contemporáneas respecto de un variable objetivo, e imponer un orden al modelo en base a la coincidencia temporal entre dichas variantes. (Gachet 2011)

los precios del petróleo pueden ser positivos o negativos para una economía exportadora neta, dependiendo del canal de transmisión que sea más importante para ella (Jiménez–Rodríguez y Sánchez 2004).

Así mismo se argumentaba desde el punto de vista de la inflación, que ante incrementos en el precio del petróleo, sobre los países importadores podía ocasionar aumentos en los costos de producción, dispersándose al resto de la economía (desde el IPP al IPC) y como consecuencias presentándose incrementos generalizados sobre los precios. Mientras tanto desde el enfoque exportador, si bien durante periodos de choques positivos se puede generar una alta renta advenida desde el comercio externo, esto así mismo podía colindar con problemas inflacionarios; esto es, una sobre liquidez monetaria canalizada a través del gasto de capital o gasto corriente mediante el gobierno central o seccional, conducía a incrementos en la capacidad de importar bienes transables, y al mismo tiempo incrementaba la demanda de bienes no transables (que no pueden ser importados) y producidos localmente (por ejemplo el de construcción), conllevando subsecuentemente a incrementos de precios<sup>33</sup>, y procesos inflacionarios importantes .Collier y Goderis (2007), Sachs y Warner (2001)..

#### **4.1.2 SELECCIÓN Y TRATAMIENTO**

Para el análisis y resultado de nuestros modelos, se toman datos de frecuencia anual contemplados para el período 1972-2012.

#### **PRECIOS DEL PETRÓLEO**

La literatura relevante sobre el tema, señala que la selección de precios referenciales (marcadores) del crudo, es fundamental para capturar los diversos efectos sobre el crecimiento Mork (1989,1994), Perilla (2009), Peersman-Van Robays (2009, 2011) Pedersen-Ricaurte (2013). A más de esto como se expresa en Jiménez et.al (2004)

---

<sup>33</sup> Aunque no es tema de nuestro debate y se aleje un poco de la propuesta central de este análisis, es importante hacer referencia al impacto que pueden desencadenar alzas en el precio del petróleo sobre la inflación total. Esto debido a que dicho efecto podría descomponerse básicamente en uno directo y en otro indirecto. El primero, denominado de primera vuelta, que hace referencia al efecto que simplemente captura el alza en los costos de la energía y que no afectaría a la inflación subyacente. Y el segundo llamado efecto de segunda vuelta, desde donde se considera el ajuste del resto de los precios de la economía, aun cuando éstos no tengan relación inmediata con el precio del petróleo. Un trabajo especializado en este tema puede consultarse en Pincheira y García (2007) desde una propuesta investigativa del Banco Central de Chile.

una diversificación de esta variable resulta beneficioso en este tipo de análisis, esto a través de la construcción de índices no lineales que separen los efectos positivos y negativos, escalares y netos (Mork 1989, Lee et. al 1995 y Hamilton 1999) de los precios del petróleo. Dicho aquello los marcadores se obtendrán del referencial ecuatoriano spot Arabian light/WTI a precios reales desde la fuente *Statistical review of world energy*.

## PRODUCTO INTERNO BRUTO

El producto interno bruto puede ser definido como una magnitud macroeconómica que expresa el valor monetario de “la producción de bienes y servicios” de demanda final de un país (o una región) durante un período determinado de tiempo. Para contrastar las hipótesis vertidas a lo largo de este trabajo y los argumentos respecto al tema, se opta por tomar esta variable en “tasas de crecimiento” a precios constantes del 2007. Esto puede obtenerse desde la página de estadísticas del Banco Mundial o del Banco Central del Ecuador.

## TIPO DE CAMBIO REAL

En Ecuador existen dos tipos de medidas del tipo de cambio real<sup>34</sup>, la primera basada en el enfoque “bilateral” (es decir la comparada con las monedas de EEUU, México, Japón, Italia, Colombia, Alemania, Chile, España, Perú, Brasil, Venezuela, Francia, Bélgica, Reino Unido y Argentina), y una segunda de connotación “efectiva”, definida como el valor la moneda nacional respecto el “promedio ponderado” de las monedas extranjeras dividido por el deflactor de precios o índice de costos (BCE; notas técnicas 2012). Para nuestro efecto se optará por la serie de denominación “efectiva”. La misma puede obtenerse desde las publicaciones de la banca central del Ecuador con periodo base de 1994.

---

<sup>34</sup> Partiendo de una ecuación sencilla  $[R = (ExP^*)/P]$ ; donde R es el tipo de cambio real; E es tipo de cambio nominal;  $P^*$  nivel de precios en el extranjero; y P Nivel de precios domésticos, decimos que “cuando R aumenta”, los productos internacionales se encarecen con respecto a los productos ecuatorianos, es decir que los bienes internos se hacen relativamente más baratos, por lo que se habla de una “depreciación” del tipo de cambio real; al contrario, cuando R disminuye, se dice que ha ocurrido una apreciación del tipo de cambio real, los bienes nacionales se hacen en términos relativos más caros, por lo que los productos extranjeros se vuelven más baratos respecto a los productos internos.

## INFLACIÓN

Para estudiar el efecto inflacionario advenido desde perturbaciones sobre los precios del petróleo a nivel interno, podría tomarse el deflactor implícito del Producto Interno Bruto publicado por la propia banca central interna, o un índice de precios al consumidor (IPC)<sup>35</sup> publicado por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). En este caso se optó por esta última publicada a precios del 2004.

### 4.2 MODELO SVAR

#### 4.2.1 PROPIEDAD DE LAS SERIES DE TIEMPO.

Este paso es un prerequisite a la etapa de especificación de nuestro modelo, desde donde se tratará de identificar en cada variable desde un proceso reducido VAR los niveles de integración, selección de rezagos óptimos y la existencia o no de cointegración (sobre niveles). Para esto se tomaron en logaritmos las variables a excepción de la de crecimiento del producto.

### ESTACIONARIEDAD

Para determinar si las series son estacionarias, se realizaron las pruebas de raíz unitaria a través del estadístico Dickey-Fuller Aumentado (ADF) y Phillips Perron (PP).

**Cuadro 4.1: TEST DE RAÍZ UNITARIA**

MacKinnon valor-p (Ho: existe raíz unitaria; 1, 5 y 10%)				
	TEST	NIVELES	1RA DIFERENCIA	RESULTADO TEST
L_PPETR	ADF	0,2060	0,0000	I(1)
	PP	0,1689	0,0000	
CPIB	ADF	0,0029		I(0)
	PP	0,0034		
L_TCR	ADF	0,3700	0,0083	I(1)
	PP	0,5607	0,0120	
L_IPC	ADF	0,5458	0,0000	I(1)
	PP	0,4585	0,0000	

<sup>35</sup> El IPC como una medida de inflación puede ser definido como el método de valoración de la variación porcentual anual en el costo de la canasta de bienes y servicios en el país.

Los estadísticos de prueba: Augmented Dickey-Fuller y Phillips-Perron, demostraron tanto para los precios del petróleo, inflación y tipo de cambio real efectivo, el “no rechazo” de la hipótesis nula de raíz unitaria bajo la modalidad “niveles” al 1, 5, y 10%. (cada uno con la respectiva inclusión / no inclusión de tendencias e interceptos), En este caso la única variables que demostró ser estacionaria en niveles fué la variación del producto interno bruto.

Dado que las variables de precios del petróleo, inflación y tipo de cambio real, no poseen un orden de integración  $I(0)$ , a excepción de la recientemente expuesta, se optó por el proceso de diferenciación, encontrando resultados estacionarios hacia el  $I(1)$ , tal y como se demuestra en las probabilidades a una sola cola con los valores críticos MacKinnon. (Los cuadros completos se pueden encontrar en el anexo A)

## SELECCIÓN DE REZAGOS

Como se expuso en el capítulo anterior la longitud del retardo no puede ser ni muy corta ni muy larga, si este es muy corto probablemente no capture completamente la dinámica del sistema que hemos de modelar, o si es demasiado largo se corre el riesgo de perder grados de libertad y tener que estimar un número muy grande de parámetros. Violar cualquiera de estos preceptos significaría predisponer una condición para la alteración del ruido blanco de los residuos.

**Cuadro 4.2: CRITERIOS DE INFORMACIÓN.**

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	-78.53319	NA	0.001018	4.461253	4.635407*	4.522651*
1	-59.15888	33.51232*	0.000854*	4.278858*	5.149625	4.585844
2	-45.94785	19.99507	0.001026	4.429614	5.996993	4.982188
3	-33.37200	16.31462	0.001344	4.614703	6.878695	5.412866

Dado que el criterio AIC y SC son los más consistentes cuando hablamos de muestras pequeñas o reducidas (menos de 100), para nuestro caso, por tanto el retardo óptimo a escogerse se definirá en uno.

## COINTEGRACIÓN

El siguiente paso<sup>36</sup> previo a la identificación del modelo, radica en determinar la utilización SVAR O SVEC para dicho fin. Este análisis se determinó a través de la prueba de Johansen en niveles.

El primer bloque del cuadro (4.3) muestra el estadístico de la TRAZA (*trace test*). Desde donde la primera columna muestra el número de relaciones de cointegración bajo la hipótesis nula; la segunda columna muestra el rango ordenado de los máximos valores o prueba de *eigenvalues*, la tercera muestra el *trace statistic* o estadístico de la Traza y las dos últimas columnas muestran los valores críticos al 5% y 1%.

**Cuadro 4.3: RANGO DE COINTEGRACIÓN**

Hypothesized		Trace	5 Percent	1 Percent
No. of CE(s)	Eigenvalue	Statistic	Critical Value	Critical Value
None	0.462298	45.52	47.21	54.46
At most 1	0.347176	21.32	29.68	35.65
At most 2	0.077035	4.69	15.41	20.04
At most 3	0.039480	1.57	3.76	6.65

De acuerdo con la prueba de la traza se acepta la hipótesis nula de “no cointegración” en rechazo de una relación cointegral en: ninguna; al menos una; al menos dos; o al menos tres variables cointegrales a los niveles del 5% y del 1 % respectivamente. Esto significa que se utilizará un SVAR y no un SVEC. Es decir nuestro modelo se centra en la exploración de relaciones dinámicas netamente del “corto plazo” (Zuccardi 2002) (Perilla 2009).

### 4.2.2 ESPECIFICACIÓN DEL MODELO.

Para la especificación nuestro modelo se tiene un esquema general como punto de partida en la determinación del mismo:

<sup>36</sup> Las pruebas que no se presentan aquí se hallan en el Anexo A-F, donde se puede obtener las correspondientes a estabilidad, gráficos estacionarios, además de los tests de independencia y normalidad de los residuos.

$$\begin{bmatrix} X_{1t} \\ X_{2t} \\ X_{3t} \\ X_{4t} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_{11}(L) & C_{12}(L) & C_{13}(L) & C_{14}(L) \\ C_{21}(L) & C_{22}(L) & C_{23}(L) & C_{24}(L) \\ C_{31}(L) & C_{32}(L) & C_{33}(L) & C_{34}(L) \\ C_{41}(L) & C_{42}(L) & C_{43}(L) & C_{44}(L) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varepsilon_{1t} \\ \varepsilon_{2t} \\ \varepsilon_{3t} \\ \varepsilon_{4t} \end{bmatrix} \quad (4.1)$$

Para explicar esta representación, se retoma la ecuación de medias móviles (VMA) desde la concepción de Wold<sup>37</sup> expresada en 3.49:

$$X_t = \sum_{j=0}^{\infty} \theta_j + \varepsilon_{t-j} = (L) \varepsilon_t \quad (4.2)$$

Que conllevaría a decir que el vector  $X_t$  acogería: crecimiento de la productividad, precios del petróleo, Inflación, y Tipo de cambio real.  $\varepsilon_t$  por su parte, que sería el vector de choques estructurales no observables conllevará la serie  $\varepsilon_{1t} \varepsilon_{2t} \varepsilon_{3t} \varepsilon_{4t}$  y  $\varepsilon_{5t}$ , que se supone ortonormal (no correlacionados y normales). Y finalmente  $C_0(L)$  que representa el retardo polinomial ( $\theta$  de 4x4) que deberá ser identificado a efectos de recuperar el vector de choques no observables  $\varepsilon_t$ , que tal y como se citó en la ecuación (3.57) partía del vector de errores estimados  $u_t$ .

$$\hat{u}_t = C_0 \hat{\varepsilon}_t \quad (4.3)$$

Para dicho procedimiento, se requiere que el sistema de  $k=4$  variables endógenas quede justa o perfectamente identificado a través de la descomposición de Cholesky, esto es, a través de dieciséis restricciones para recuperar las innovaciones estructurales, desde donde las diez se obtienen de las reglas de normalización y del supuesto de que las innovaciones estructurales son ortogonales<sup>38</sup>. Las restantes seis corresponden a las restricciones de largo plazo.

Para armar el proceso restringido, se tiene entonces que las tres primeras restricciones de identificación deberían considerar que los precios spot son “estrictamente exógenos”. Ello implica que los valores corrientes y retrasados del crecimiento del producto interno bruto, tipo de cambio real e índice de inflación medidos por el índice

<sup>37</sup> La representación matemática de medias móviles es usada para obtener el error de pronóstico de las funciones de descomposición de la varianza y función impulso respuesta.

<sup>38</sup>  $k(k+1)/2$

de precios al consumidor no afectarían los precios del petróleo, no obstante los choques de precios reales externos sí podrían hacerlo sobre el producto, tipo de cambio real e inflación en el horizonte temporal, tal como se describe a continuación:

$$C12(L) = C13(L) = C14(L) = 0.$$

La cuarta y quinta restricción establecen que el tipo de cambio real e índice de precios al consumidor afectarían al producto solamente en el corto plazo

$$C23(L) = C24(L) = 0.$$

La última restricción, establece que los choques de precios nominales (IPC) no tienen efecto sobre el tipo de cambio real en el largo plazo<sup>39</sup>, debido a que los choques de precios nominales incrementan los precios y deprecian el tipo de cambio real proporcionalmente.

$$C34(L) = 0.$$

#### 4.2.3 ESTIMACIÓN DE LOS COEFICIENTES B Y Q.

Determinado en nuestro modelo la utilización de un modelo SVAR en lugar de un SVEC se procede a estimar los coeficientes  $C_0$  de Blanchard y Quah través de la función de máxima verosimilitud desde donde se obtuvieron los siguientes resultados<sup>40</sup>:

<sup>39</sup> Según Fisher y Huh (2002), el IPC solo afectaría al TCR en el corto plazo soportado en la teoría del PPP (poder de paridad de compra) en el efecto de la neutralidad del dinero que sería un rasgo de un modelo de economía abierta típica, al suponer que los precios se ajustan plenamente en el largo plazo.

<sup>40</sup> Las pruebas de residuos para este procedimiento se encontraron normales y no correlacionados entre sí, este y otros procedimientos que no se muestran aquí se pueden revisar en los anexos A-F.



**Cuadro 4.4: MATRIZ DE COEFICIENTES ESTIMADOS DE BLANCHARD Y QUAH.**

	P.PETRÓLEO	CPIB	TCR	IPC
P.PETRÓLEO	-0,371			
CPIB	-4,148	0,067		
TCR	0,134	3,006	-0,065	
IPC	-0,181	0,120	0,315	0,414

Tal y como se destacaron en las pruebas de precedencia, la variable de precios del petróleo, TCR e IPC se tomaron en logaritmos y primeras diferencias (el crecimiento del producto se determinó en niveles). El nivel de rezagos óptimos a usar en este caso es uno. Finalmente los choques estructurales que configuran el comportamiento dinámico de cada una de las tres variables a analizar se dividen en precios externos, oferta agregada, demanda agregada y de precios nominales respectivamente, quedando definida nuestra funcionalidad econométrica de la siguiente forma:

$$\begin{bmatrix} DL\_PPETR \\ CPIB \\ DL\_TCR \\ DL\_IPC \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0.371 & 0 & 0 & 0 \\ -4.148 & 0.067 & 0 & 0 \\ 0.134 & 3.006 & -0.065 & 0 \\ -0.181 & 0.120 & 0.315 & 0.414 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varepsilon_t^{shock-PE} \\ \varepsilon_t^{shock-OA} \\ \varepsilon_t^{shock-DA} \\ \varepsilon_t^{shock-PN} \end{bmatrix}$$

A partir del teorema de medias móviles de Wold, hemos dado el paso previo a la exploración de las funcionalidades impulsos respuestas y error de descomposición de varianza circunscritos al modelo estructural justa o “exactamente identificado”.

#### 4.2.4 SIMULACIÓN DEL MODELO

En el gráficos (4.1) (4.2) (4.3) y (4.4) se muestran las funciones de impulso respuesta de las variables endógenas del crecimiento del producto, tipo de cambio real efectivo e índice de precios al consumidor, frente a un choque de precios externos del petróleo, oferta agregada, demanda agregada, y de precios nominales. Mientras en el gráfico (4.5) se muestra resumido el conjunto.

En este sentido una perturbación de precios del petróleo de un punto (gráfico 4.1), produce en primera instancia un aumento de 1,05% en la tasa de crecimiento de la producción, llegando a su tope en el segundo periodo con un incremento de 1,77% para luego propiciarse una caída ostensible en su comportamiento en el horizonte temporal. Por su parte un choque inicial de un punto en los precios externos sobre el

tipo de cambio real reduce (aprecia) el mismo en  $-0,005\%$ , llegando hasta el segundo periodo a un tope de  $-0,03\%$  para luego depreciarse paulatinamente en el largo plazo. Finalmente un choque externo de precios del petróleo de un punto resulta en  $-0,02\%$  sobre la variable endógena de la inflación, para luego en el segundo año demostrar una caída del  $-0,026\%$ , y de  $-0,05\%$  en el tercer año, luego de aquello, dichos niveles anulan en el tiempo hasta llegar a una media cero.

Por su parte, con un choque de oferta agregada de un punto porcentual (grafico 4.2) genera un impacto positivo del  $2,02\%$  sobre el crecimiento del PIB, pero a medida que transcurre el tiempo, dichos porcentajes se presentan decadentes hasta normalizarse en el tiempo. Desde el punto de vista del TCR un shock de oferta causa en primera instancia una apreciación de dicha variable, para luego del segundo año depreciarse lentamente. El IPC por su parte presenta un comportamiento negativo a lo largo del periodo resaltándose en especial el primer (un punto de choque genera  $-0,10\%$  de inflación) y segundo año de esta serie.

Un choque de demanda agregada por su parte (gráfico 4.3) influye positivamente sobre el producto real solo en el primer periodo ( $1\%$  de choque conlleva un crecimiento del  $0,52\%$ ) luego se anula inmediatamente en el tiempo. El TCR presenta un aumento (depreciación) ante un choque de demanda, para mostrar una apreciación solo al tercer y cuarto periodo<sup>41</sup>, el IPC por su parte presenta un incremento hasta el segundo periodo.

Finalmente un choque de precios nominales influye de forma positiva sobre el sobre el producto solo para el primer periodo<sup>42</sup>, El TCR por su parte se deprecia a lo largo del horizonte temporal excepción del segundo y tercer periodo (gráfica 4.4).

En pocas palabras la utilización de esta primera funcionalidad estructural nos permite observar desde el gráfico 4.5, que los choques de oferta agregada impactan con mayor fuerza sobre el producto, que los advenidos externamente (petróleo)<sup>43</sup>,

---

<sup>41</sup> Un incremento del gasto público permite una apreciación del tipo de cambio, salvo en el corto plazo debido a que el gobierno enfoca dichos gastos en su mayoría por bienes no transables (Hoffmaister y Roldos 1997)

<sup>42</sup> Los choques de precios nominales no afectan a la variable del crecimiento en el largo plazo, esto es, solo en el corto plazo debido a las rigideces nominales y reales Lanteri (2011)

<sup>43</sup> Estos resultados se presentan en línea con lo obtenidos en los trabajos de Hoffmaister y Roldós (1997), Lanteri (2011) y Amira (2013). La explicación que se brinda en Hoffmaister y Roldos (1997) es que el crecimiento responde positivamente en el caso de un shock de oferta sobre las bases de una mejora en la

presentándose luego los de demanda agregada y finalmente los nominales. Por otro lado se encuentra que el tipo de cambio real responde principalmente a los choques de demanda agregada y nominal<sup>44</sup>, y finalmente la inflación responde principalmente a su propia dinámica, esto es por los choques nominales tal como se replica en los modelos de Hoffmaister y Roldos (1997), Lanteri (2011) y Amira (2013). Este y otros aspectos podrán ser analizados a cabalidad al momento de analizar la funcionalidad de descomposición del error del pronóstico de la varianza.

En efecto mientras que las funciones de impulso-respuesta miden el comportamiento dinámico de las variables a partir de un choque estructural de un desvío estándar, la descomposición de la varianza decíamos, se determina como el porcentaje de contribución de diferentes choques estructurales al comportamiento de la varianza de “k” períodos hacia delante en el error de predicción de las variables. Por tanto, hemos de medir la importancia jerarquizada en el tiempo “de cada choque” sobre el comportamiento de cada variable endógena analizada, de forma que la suma de los porcentajes de la varianza alcance cien. El gráfico (4.6) nos permite observar resumidamente este fenómeno, desde donde en los ejes verticales se representan la contribución porcentual de cada tipo de perturbación, mientras que en el eje horizontal se mide el tiempo anualmente.

Respecto al crecimiento del producto interno bruto se observa en el cuadro (4.6), que en diez periodos de estudio los choques provenientes de los precios del petróleo (precios externos) explican casi el 50% de incidencia sobre esta variable, a excepción del primer periodo donde los choques de oferta agregada explican el 72.29% de la dinámica total, frente al 19,72%, 4,90% y 3,07% del externo, agregado, y nominal respectivamente. La variable del tipo de cambio real por su parte ve afectado mayoritariamente por las perturbaciones advenidas desde la demanda agregada, seguido de los choques generados por la oferta agregada, inflación y de precios externos del petróleo<sup>45</sup>. Finalmente la variabilidad del nivel de precios responde en

---

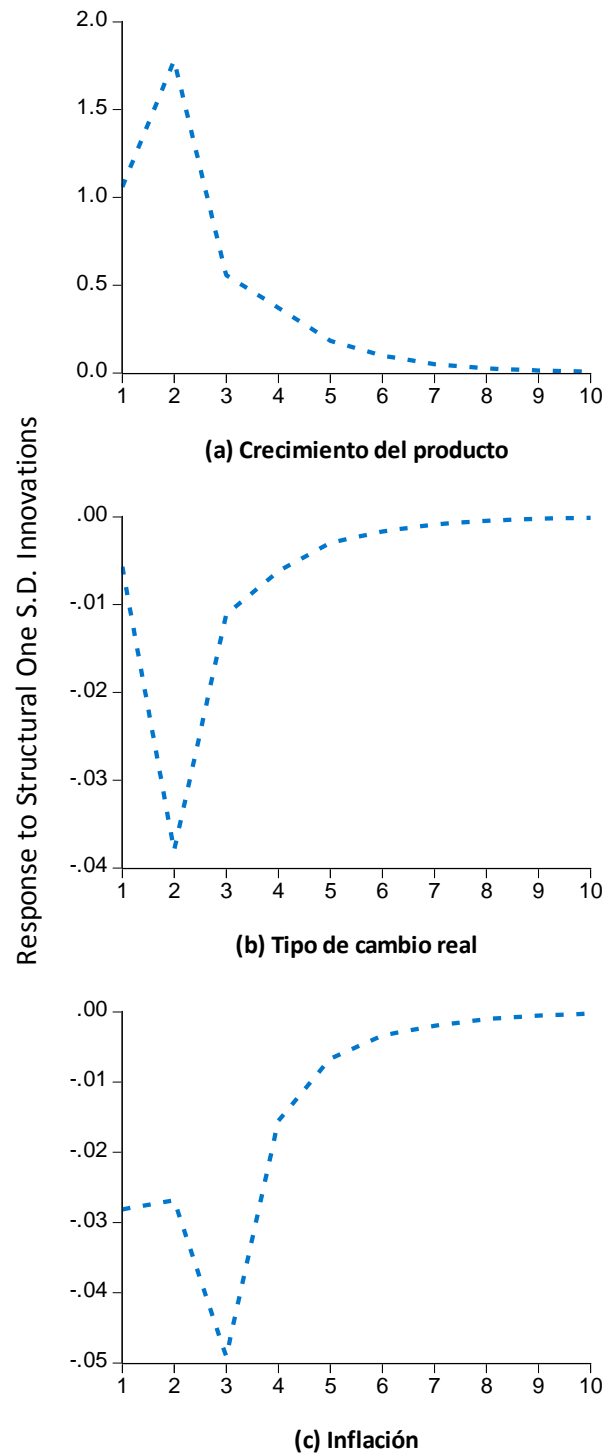
tecnología, tratados de liberalización, y mejoras en los términos de intercambio que favorecen la producción interna.

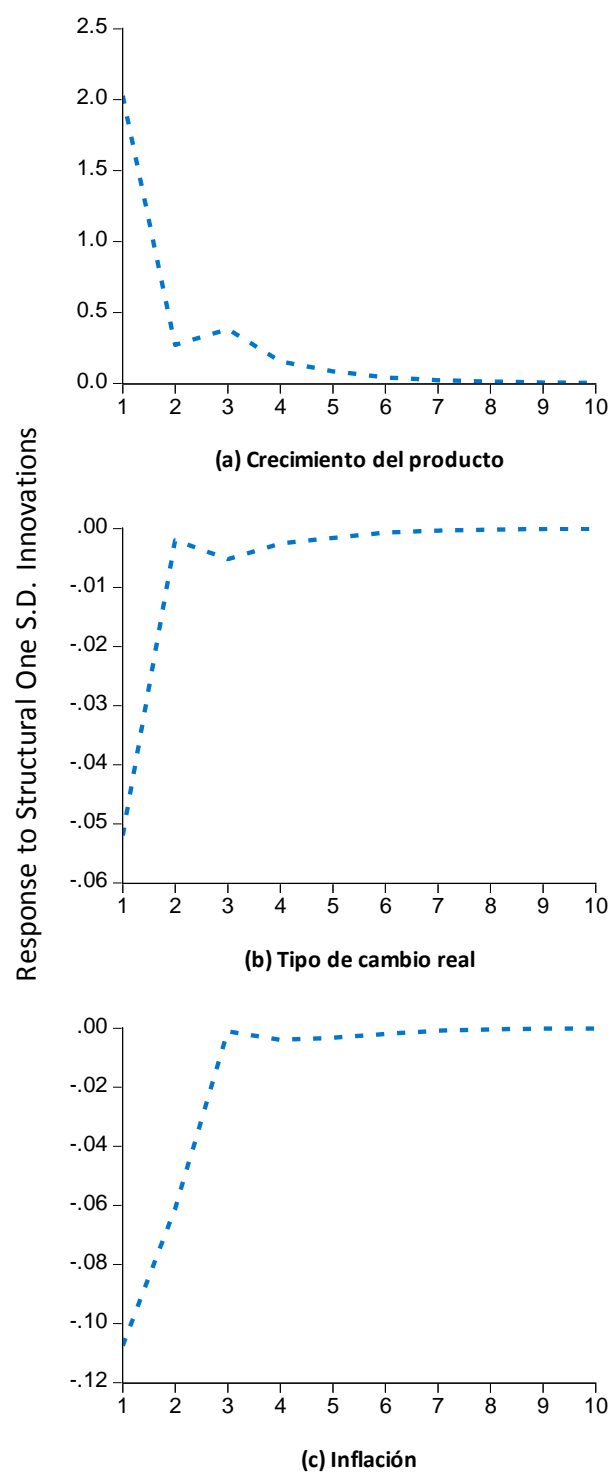
<sup>44</sup> Para Fisher y Huh (2002), este último supuesto se basa en la aceptación de la paridad del poder de compra (PPP) en el equilibrio de largo plazo de la economía.

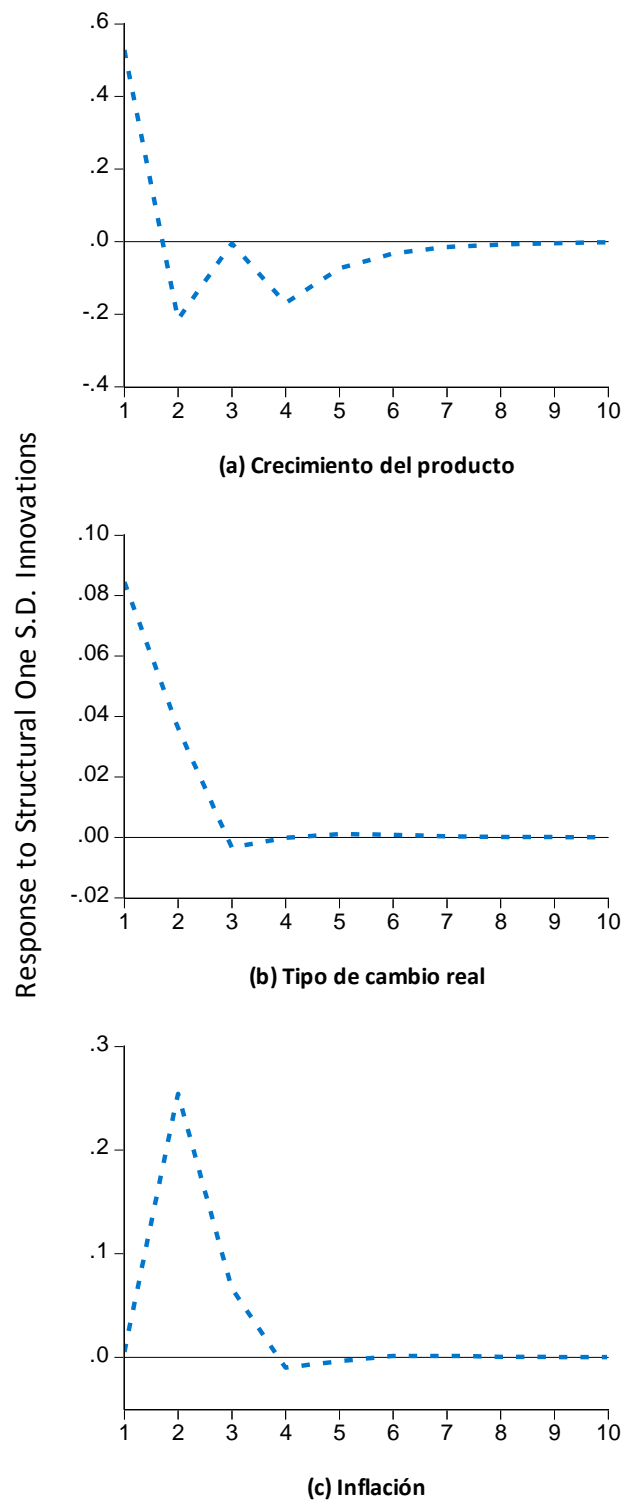
<sup>45</sup> Hoffmaister y Roldós (1997) para un conjunto de economías latinoamericanas encuentran que los movimientos en el tipo de cambio real son explicados principalmente por las perturbaciones de demanda agregada, seguidos de los nominales, mientras que los choques externos y los de oferta resultan poco importantes.

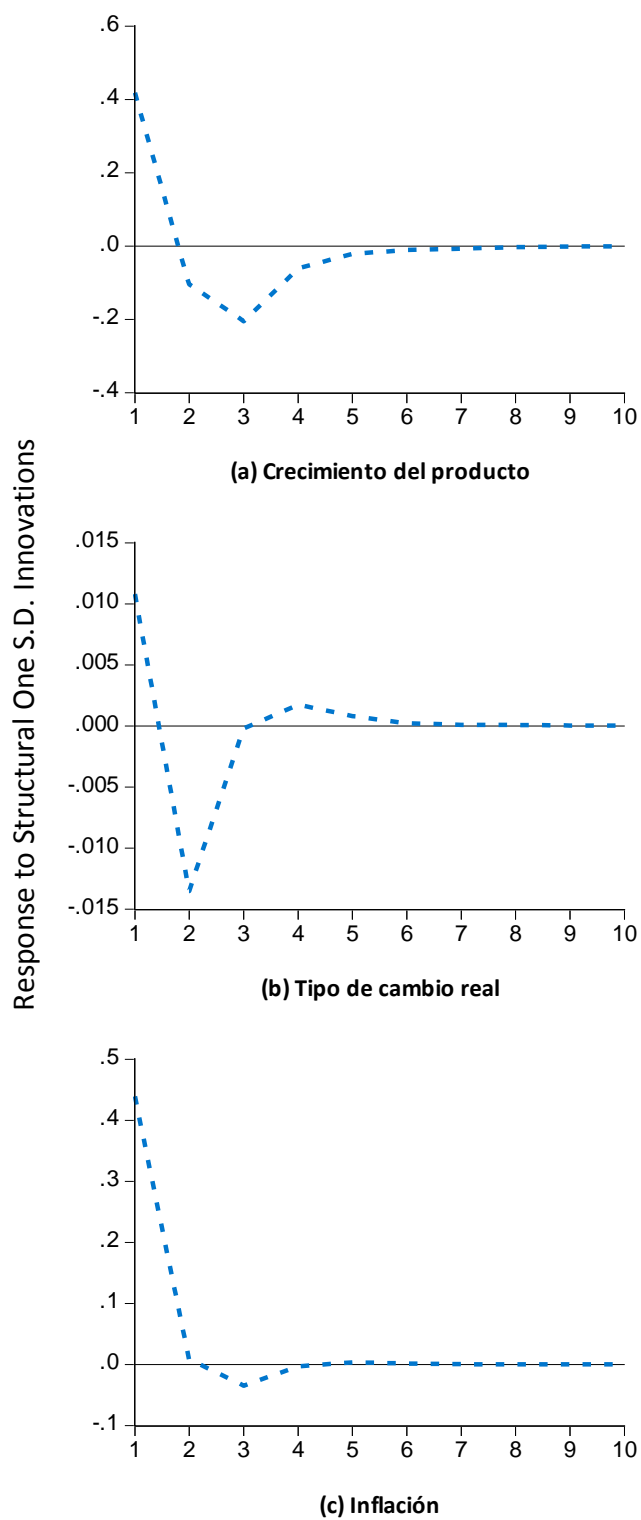
básicamente a los choques nominales seguido por las perturbaciones de demanda agregada.

**Gráfico 4.1: FUNCIÓN IMPULSO RESPUESTA ESTRUCTURAL: SHOCK DE PRECIOS DEL PETRÓLEO**

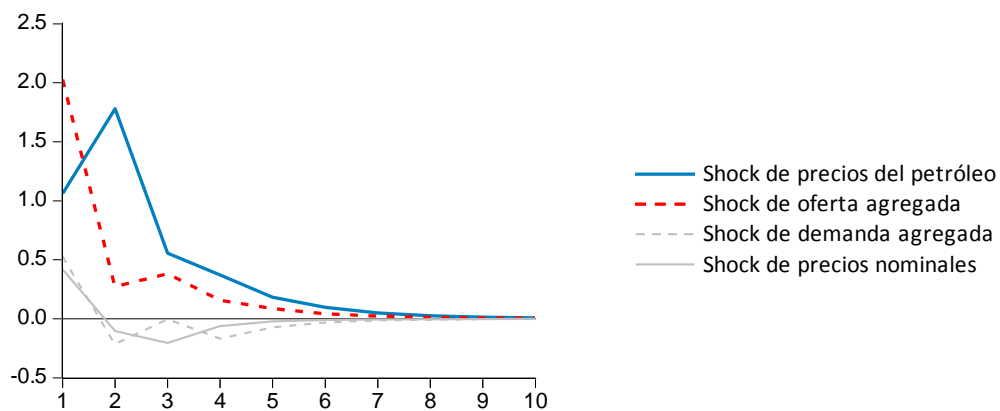


**Gráfico 4.2: FUNCIÓN IMPULSO RESPUESTA ESTRUCTURAL: SHOCK DE OFERTA AGREGADA**

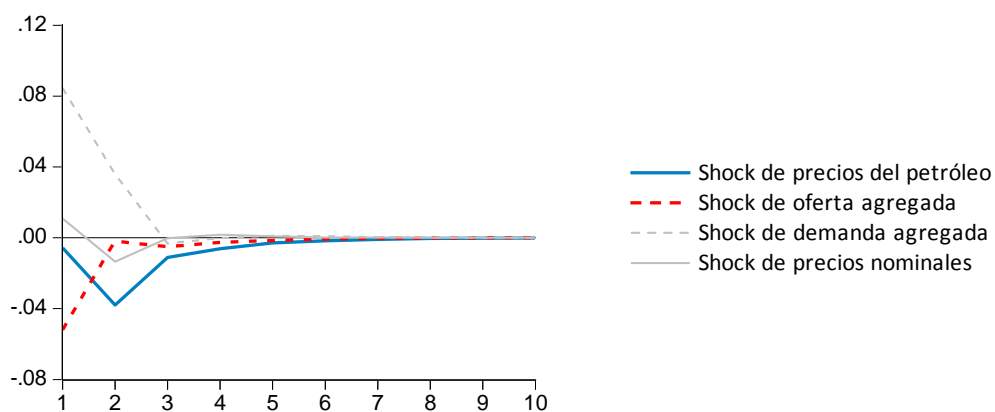
**Gráfico 4.3: FUNCIÓN IMPULSO RESPUESTA ESTRUCTURAL: SHOCK DE DEMANDA AGREGADA**

**Gráfico 4.4: FUNCIÓN IMPULSO RESPUESTA ESTRUCTURAL: SHOCK DE PRECIOS NOMINALES**

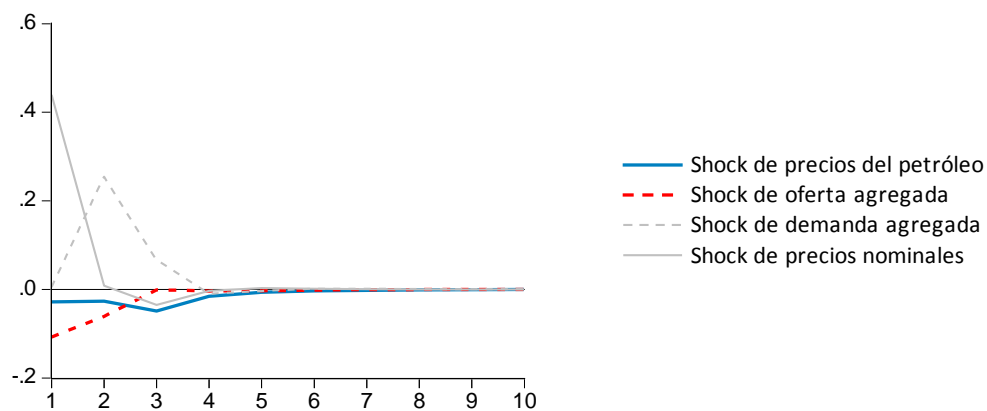
**Gráfico 4.5: FUNCIÓN IMPULSO RESPUESTA ESTRUCTURAL: EFECTO COMBINADO.**



**(a) Respuesta crecimiento del producto**



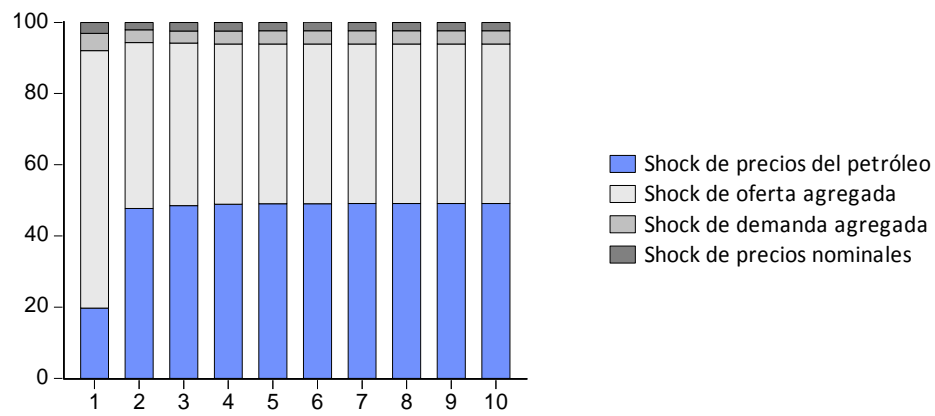
**(b) Respuesta tipo de cambio real**



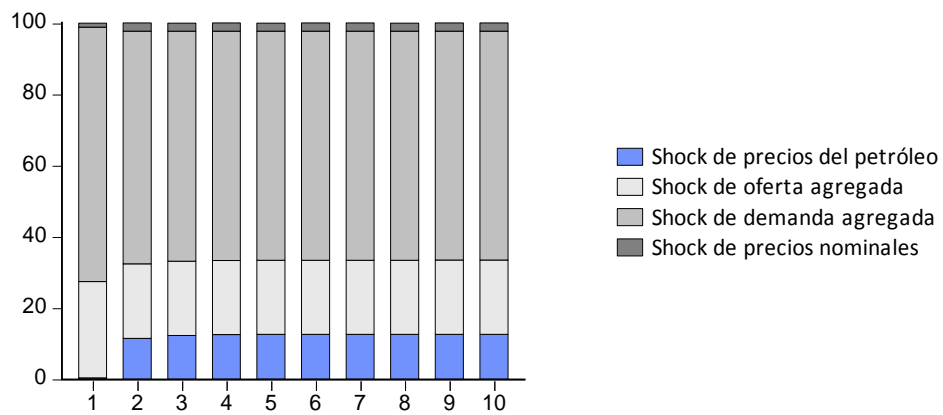
**(c) Respuesta inflación**



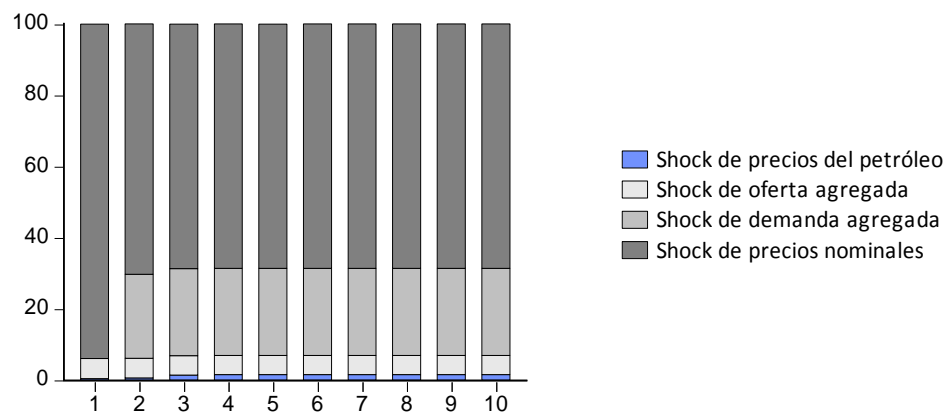
**Gráfico 4.6: DESCOMPOSICIÓN DE LA VARIANZA ESTRUCTURAL**



**(a) Descomposición crecimiento del producto**



**(b) Descomposición tipo de cambio real**



**(c) Descomposición inflación**

### 4.3 MODELOS IRRESTRICITOS.

Las funciones impulso respuesta generalmente están asociados al supuesto de que el *shock* únicamente ocurre en una variable; sin embargo, la existencia de correlaciones contemporánea entre las variables dificulta la identificación de la perturbación en el sistema. Así, con el fin de eliminar cualquier correlación contemporánea y, evitar por otro lado el problema de la ordenación causal establecida al utilizar la descomposición de Cholesky; Pesaran y Shin (1998) proporcionan un nuevo enfoque, obteniendo las denominadas funciones impulso-respuesta generalizadas (FIRG) sobre las formas no estructurales o reducidas VAR o también denominadas GVAR. Con esto se permiten conocer la respuesta dinámica de una variable frente a cambios o choques inesperados en otras afectando la estructura compleja de rezagos de un modelo multivariante (Cuevas 2007)

Los modelos a presentarse en este apartado tienen como finalidad el robustecimiento de los resultados conseguidos recientemente a través del modelo estructural. La propuesta que se genera en este caso se toman de los referentes Ulloa y Uribe (2011) con una aplicación reciente sobre la economía Colombiana donde se arguye que bastaría describir la variable sobre la que se desea analizar computablemente el choque bajo el enfoque Pesaran y Shin (1998) implementado directamente en el programa informático a usarse. El primer modelo al cual denominaremos “lineal” toma las mismas variables (por ende con sus respectivas características temporales) del modelo estructural. El segundo modelo por su parte colinda característicamente con las medidas de no linealidad o de “asimetría”, subyacente en lo expuesto en los tratados de Mork (1989), para lo cual se procede a la creación de nuevos variantes de impulso que reflejen dicha característica.

#### 4.4.1 MODELO LINEAL

Los resultados subsecuentes bajo este enfoque (grafico 4.7) demuestran que mediante las funciones de impulso respuesta generalizadas sobre un VAR simple o reducido, difieren mínimamente a los obtenidos con los del SVAR excepción de la variable inflación. Es decir ante un choque de precios del petróleo se genera un crecimiento del producto interno, las tasas de cambio real se aprecian durante el primer periodo y finalmente los niveles de inflación caen de manera inmediata en el segundo periodo.

Pese a las discrepancias que pueden surgir entre las funcionalidades de impulso respuesta estructural y generalizada para el caso específico de la variable inflación mediante, a continuación se presenta un modelo que recogen innovaciones tanto positivas y negativas de los precios del petróleo y así poder vislumbrar de mejor forma las conclusiones respectivas de este estudio.

#### **4.4.2 MODELO NO LINEAL**

Aunque las primeras aproximaciones de este tipo de enfoque se dejaron sentadas en el segundo capítulo, vale destacar que en la literatura que explora las reacciones de las variables macroeconómicas ante los cambios en los precios del petróleo, se suele analizar tanto los enfoques lineales, como de cambios negativos y positivos por separado. La razón se encuentra en los trabajos seminales de Mork (1989) quien demuestra que los efectos del precio del petróleo sobre el crecimiento del producto interno bruto en los Estados Unidos, era no lineal o asimétricos; de hecho, los cambios positivos tiene mayores implicaciones sobre la predicción de la actividad real que los cambios negativos en el precio.

Subsecuentemente investigaciones confirman el anterior resultado. Para el caso estadounidense se encuentran los estudios de Lee, Ni y Ratti (1995), Balke, Brown y Yücel (2002), Hamilton (1996, 2003, 2010), Davis and Haltiwanger (2001), Kilian y Vigfusson (2009), entre otros; para otros países miembros de OECD (entre exportadores e importadores netos de crudo) se pueden citar a Bjornland (2000), Jiménez-Rodríguez y Sánchez (2004), Zaytsev (2010) entre otros. En el caso latinoamericano se encuentran los estudios de los autores Perilla (2009) y Uribe y Ulloa (2011) que exploran los efectos tanto lineales como no lineales del cambio en los precios sobre el crecimiento de la economía Colombiana.

A decir de los diversos autores citados existen tres medidas de medición no lineal (asimétricas, escalares y netas), para nuestro caso, por razones de concreción nos concentraremos exclusivamente en tasas de cambio positivas y negativas las cuales pueden ser definidas a la manera de Jiménez-Rodríguez y Sánchez (2004) de la siguiente forma:

$$o_t^+ = \begin{cases} o_t & \text{if } o_t > 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

O

$$o_t^- = \begin{cases} o_t & \text{if } o_t < 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

Es decir  $o_t$  es el logaritmo del periodo t menos el logaritmo del periodo t-1 de los precios reales del petróleo, desde donde para el primer caso se toman las tasas de cambio positivas (cero de no ser así) y en el segundo caso se repite el proceso limitándose a los valores negativos sobre “valor absoluto” e imponiendo cero en otro caso. Este proceso da cabida a la construcción de dos índices adicionales sobre el conglomerado de variables ya existentes por lo cual para dar paso a un nuevo proceso simulativo, se procede a realizar las pruebas de “precedencia” respectivas (tal como se lo hizo para el SVAR) basado en la metodología Box-Jenkins.

**Cuadro 4.5. : TEST DE RAÍZ UNITARIA MODELO ASIMÉTRICO**

MacKinnon valor-p (Ho: existe raíz unitaria; 1,5 y 10%)				
	TEST	NIVELES	1RA DIFERENCIA	RESULTADO TEST
<b>Δ PPETR&gt;0</b>	ADF	0,0000		I(0)
	PP	0,0000		
<b>Δ PPETR&lt;0</b>	ADF	0,0000		I(0)
	PP	0,0000		

**Cuadro 4.7. ANÁLISIS DE COINTEGRACION**

<b>Δ PPETR&gt;0</b>				
Hypothesized		Trace	5 Percent	1 Percent
No. of CE(s)	Eigenvalue	Statistic	Critical Value	Critical Value
None	0.657486	65.71357	47.21	54.46
At most 1	0.333997	24.99877	29.68	35.65
At most 2	0.154448	9.553242	15.41	20.04
At most 3	0.080233	3.178128	3.76	6.65

### $\Delta PPETR < 0$

Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Trace Statistic	5 Percent Critical Value	1 Percent Critical Value
None	0.435009	42.99774	47.21	54.46
At most 1	0.285097	21.30179	29.68	35.65
At most 2	0.137669	8.548689	15.41	20.04
At most 3	0.073971	2.920281	3.76	6.65

**Cuadro 4.7 CRITERIOS DE INFORMACIÓN**

### $\Delta PPETR > 0$

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	-70.10928	NA*	0.000645*	4.134294	4.180060*	4.067304*
1	-70.48444	23.56729	0.000739	4.005907*	5.005060	4.441280
2	-42.93145	20.51263	0.000872	4.266565	5.833944	4.819140
3	-29.25213	17.74614	0.001076	4.392007	6.656000	5.190171

### $\Delta PPETR < 0$

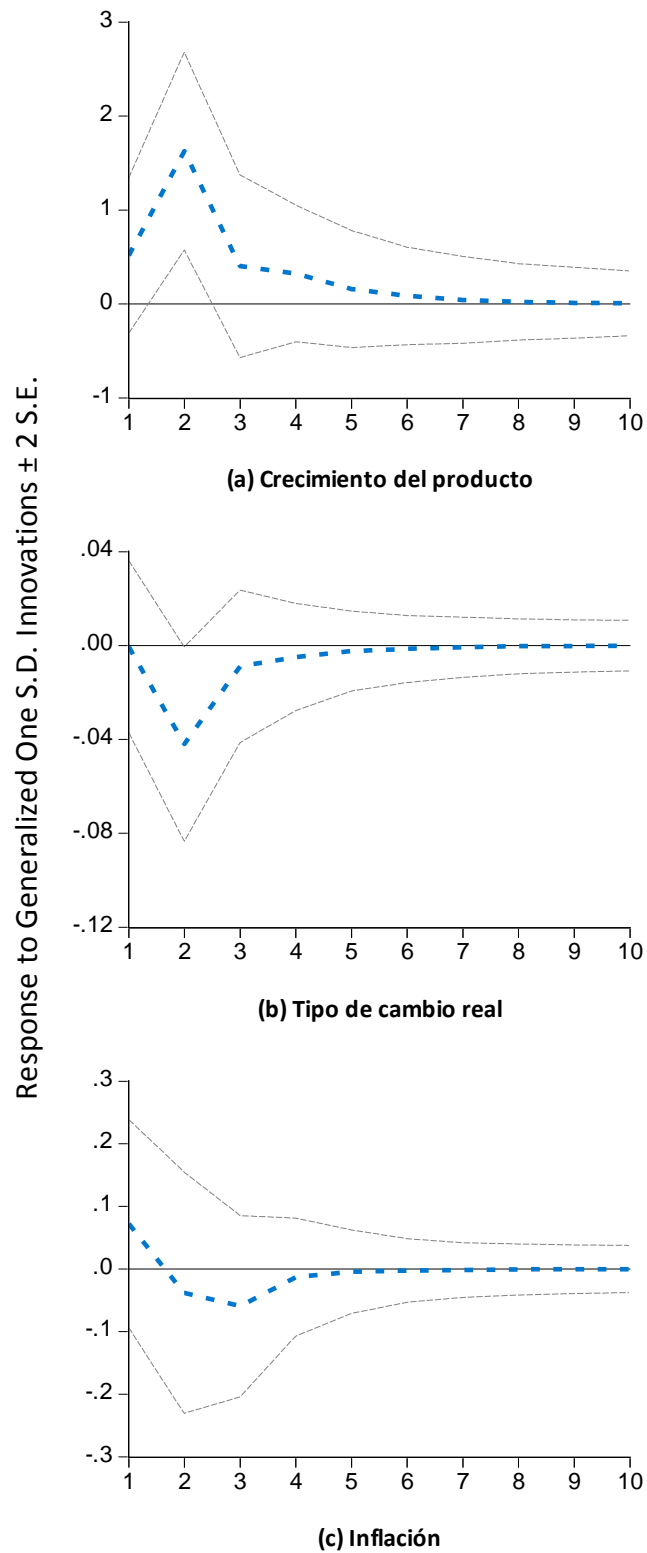
Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	-50.04087	NA	0.000218	2.921128	3.095281*	2.982525
1	-27.72314	38.60365*	0.000156*	2.579629*	3.450395	2.886615*
2	-15.51564	18.47621	0.000198	2.784629	4.352009	3.337204
3	-3.433091	15.67466	0.000267	2.996383	5.260376	3.794547

Las prueba de precedencia; indicaron que el orden de estacionariedad de las dos nuevas series es  $I(0)$ , los criterios de rezagos óptimos se definen en uno para ambos casos, y las nuevas y antiguas variables no cointegran (de acuerdo con la prueba de la traza se acepta la hipótesis nula de “no cointegración” en rechazo de una, dos, tres y ninguna relación cointegral a los niveles del 5% y del 1 % respectivamente), los cuadros y otras pruebas no presentadas aquí se pueden encontrar detalladamente en los anexos A-F.

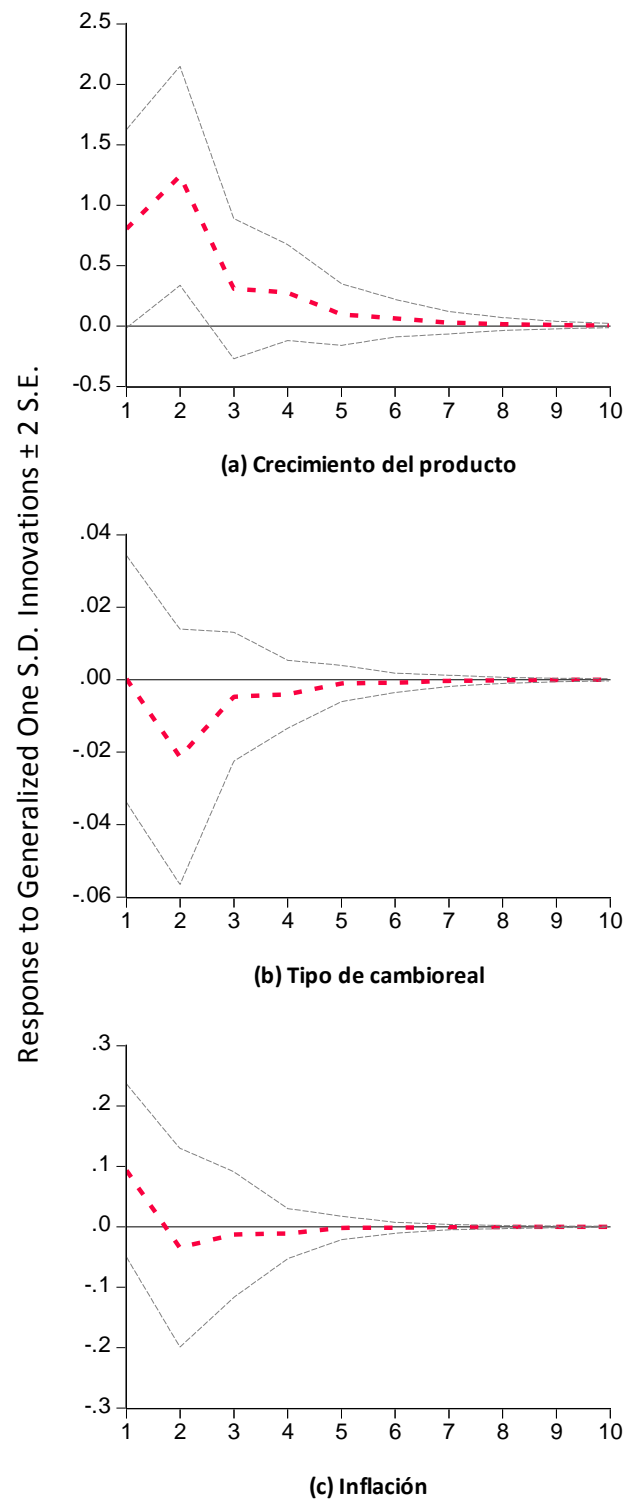
En línea con lo argumenta la teoría económica para los países exportadores netos de crudo, los resultados para nuestro caso reflejan que ante una innovación positiva de un punto en los precios del petróleo (gráfico 4.8), se produce un incremento del 0.8% del crecimiento del PIB, magnificándose dicho efecto en el segundo periodo hasta con un 1,24%; por su parte el tipo de cambio real muestra apreciaciones en el segundo periodo luego del choque, y finalmente el índice de precios al consumidor tras ocurrida la innovación presenta un incremento del 0.09% para desaparecer inmediatamente a partir del segundo periodo.

Mientras tanto una innovación negativa de un punto en los precios del petróleo (gráfico 4.9) produce un crecimiento del producto del  $-0.31\%$ , acentuado para el segundo periodo con  $(-1.43\%)$ , luego de esto el proceso se normaliza en el horizonte temporal; así mismo se presenta una depreciación del tipo de cambio real en  $0.011\%$  llegando hasta el segundo periodo hasta un  $0.050\%$  y finalmente un choque negativo en los precios del petróleo conduce a una reducción del nivel de inflación  $(-0.0412\%)$  solo en el primer periodo retomando valores positivos inmediatamente a partir del segundo.

Gráfico 4.7: FUNCION IMPULSO RESPUESTA LINEAL

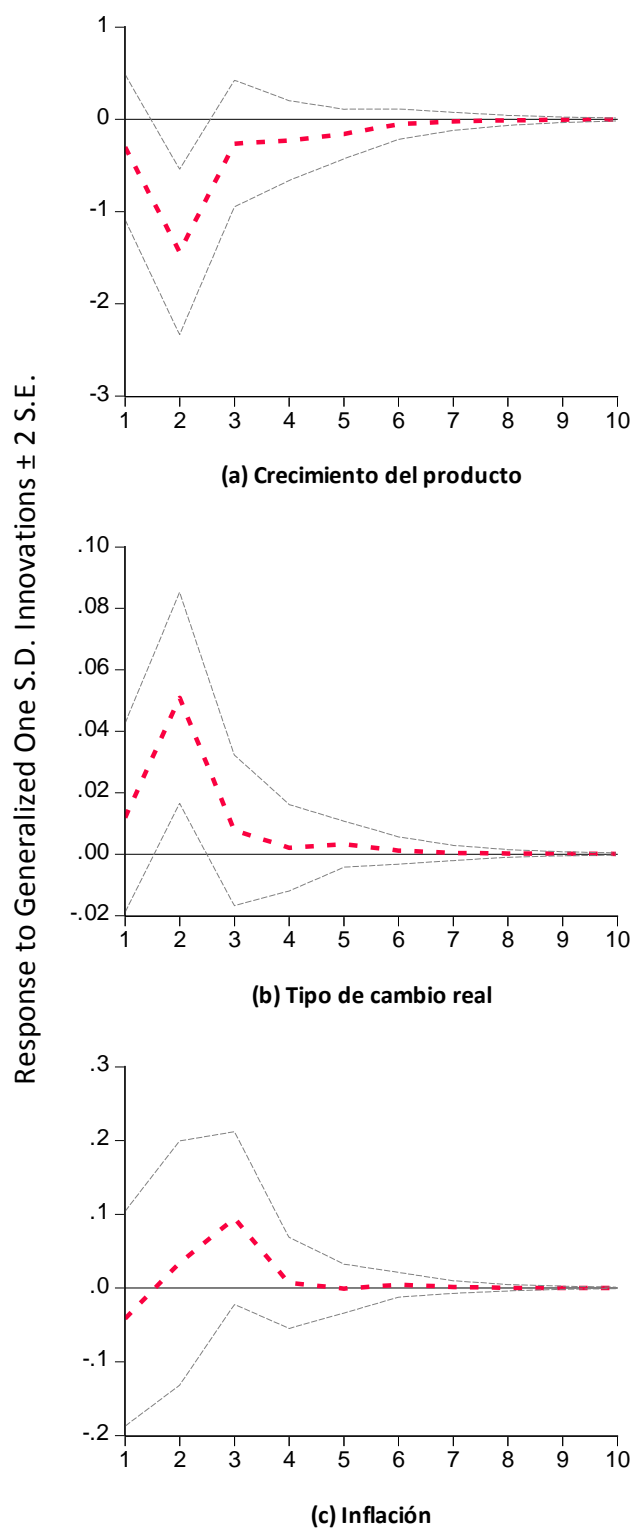


**Gráfico 4.8. FUNCIONES DE IMPULSO REPUESTA NO LINEAL; INNOVACIONES POSITIVAS SOBRE LOS PRECIOS DEL PETRÓLEO.**





**Gráfico 4.9. FUNCION DE IMPULSO REPUESTA NO LINEAL; IINNOVACIONES NEGATIVAS SOBRE LOS PRECIOS DEL PETRÓLEO.**



# CAPÍTULO 5

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

---

### 5.1 CONCLUSIONES

- Haciendo referencia a los precios del petróleo hemos dicho que estos colindan característicamente con procesos de alta volatilidad e incertidumbre sobre su comportamiento, mismos que canalizados desde los mercados bursátiles hacia diversos “marcadores globales”, sirven de guía o referencia para el conglomerado petrolero internacional. Entre los factores principales que determinan dicha conformación se decía constan los de geopolítica, de interacción dólar-euro y de especulación.
- Nuestro país acoge históricamente los referentes Arabian-light (hasta comienzos de los 80s), y West Texas Intermediated (al presente), haciendo que las negociaciones del precio del crudo nacional (oriente y napo) estén siempre expectantes sobre lo que pueda acontecer en los mercados bursátiles del MYMEX. (New York Mercantile Exchange), y en parte ICE (intercontinental Exchange)
- Uno de los modelos utilizados para medir el impacto de las subidas y bajadas de precios del petróleo sobre la economía ecuatoriana se basó en medidas de “no linealidad”. Los resultados fueron que ante innovaciones positivas de “un punto” sobre los precios del crudo, la economía ecuatoriana crece alrededor 0.8 puntos porcentuales, con una mayor afectación en el segundo periodo (1.24 puntos porcentuales) para luego anularse en el horizonte temporal. Mientras tanto una innovación negativa de un punto sobre los precios del petróleo conlleva a una reducción del crecimiento del PIB del -0.31%, que se acentúa en el segundo periodo tras el choque en -1,43% para luego igualmente estabilizarse en el tiempo. Ante esto cualquiera que fuese la innovación sobre los precios (sea positiva o negativa), demuestra que los

efectos petroleros demoran un periodo completo tras el choque para mostrar su verdadera influencia sobre el ciclo del producto interno bruto ecuatoriano.

- Por su parte, el modelo econométrico SVAR construido a partir de restricciones teóricas basado en la metodología Blanchard y Quah para aislar el efecto de diferentes choques estructurales (entre externos y domésticos), permitió examinar con exactitud “la cuantía” de un choque petrolero (externo), enfrentado a uno de oferta agregada, demanda agregada y nominal (domésticos) sobre el crecimiento del país. Los resultados determinaron que en un primer periodo las perturbaciones del petróleo permite explicar una contribución de 19.72% sobre el producto, quedando desplazado al segundo lugar por la contribución de los choques de oferta agregada (tecnológicos y de oferta laboral) con 72.29%, seguido en tercer y cuarto lugar por los de demanda agregada (4.9%) y nominales (3.07%). Curiosamente esta situación se revierte a partir del segundo periodo, hallándose que los choques externos del petróleo “perduran” y contribuyen con un mayor porcentaje al crecimiento económico del país en detrimento de los domésticos. Esto corrobora los resultados precedentes.

## 5.2 RECOMENDACIONES

- Queda abierta la posibilidad de desarrollar modelos que incorporen desde un análisis frecuencialmente menor que el anual, variables de tasas de interés de corto y largo plazo que reflejen cuestiones de política económica y de expectativa sobre las mismas, así como también de indicadores bursátiles internos que reflejen la variación del precio de las acciones frente a perturbaciones petroleras, etc. En cuanto a la metodología, se podría utilizar diferentes esquemas de identificación a través de restricciones de orden “empírico” (a través de relación cruzada de coeficientes), sobre las diferentes clases de factorización estructural existentes sean estos de corto o largo plazo. Así mismo se prevé la posibilidad de explorar aún más la metodología no lineal desde el orden escalar y neto como propuestas interesantes no incluidas en el orden de este trabajo.
- Finalmente podría decirse que los efectos sobre la actividad económica de un país no responde tanto a los impactos o choques externos, sino más bien a los

mecanismos gubernamentales implementadas para hacer frente a dichos choques, por lo cual, más allá de establecer esfuerzos de política económica sobre la readecuación o fortalecimiento por ejemplo de mecanismos estabilizadores, es imperioso traer a colación propuestas políticas “efectivas” sobre cambios en la matriz productiva del país.

## BIBLIOGRAFÍA

---

AMIRA Z. (2013). «Macroeconomic Fluctuations in Tunisia: A Structural Vector Autoregression Approach» *Journal of Business Studies Quarterly* Volume 4, Number 4 [http://jbsq.org/wp-content/uploads/2013/06/June\\_2013\\_7.pdf](http://jbsq.org/wp-content/uploads/2013/06/June_2013_7.pdf)

ARSHAD M., AHMED A. (2012). «Macroeconomic Effects of Global Food and Oil price Shocks to the Pakistan Economy: A Structural Vector Autoregressive (SVAR) Analysis». <http://pide.org.pk/psde/pdf/AGM27/Muhammad%20Arshad%20Khan.pdf>

BANCO DE GUATEMALA (2002). «Vectores autorregresivos», *Nota monetaria* No. 44 <http://www.banguat.gob.gt/inveco/notas/articulos/envolver.asp?karchivo=4401&kdisc=si#uno>

BJØRNLAND H. (2000). «The Dynamic Effects of Aggregate Demand, Supply and Oil Price Shocks – a Comparative Study», *The Manchester School of Economic Studies*, vol. LXVIII. <http://home.bi.no/a0310125/Manchester.pdf>

BORGUCCI E., PULITANO G. (2010). «Precio spot y precio futuro de los marcadores Brent y WTI: comportamiento y determinantes (1998-2008)» pp. 173-208.

BURBIDGE J., HARRISON A. (1984). «Testing for the Effects of Oil-Price Rises Using Vector Autoregressions» *International Economic Review*, 25, pp. 459-484.

CHIQUE O. (2011). «Influencia de los mercados financieros en los precios del petróleo 2000-200 - un enfoque de dinámica de sistemas» pp. 69-162.

COLLIER P., GODERIS B. (2008). «Commodity Prices, Growth, and the Natural Resource Curse: Reconciling a Conundrum». Department of Economics, University of Oxford.

COLINAS M. (2008). « Factores que influyen en la formación del precio del petróleo, una aproximación» Instituto de Estudios Económicos de Madrid.

CUEVAS (2010). «México: dinámica de las exportaciones manufactureras» *revista Cepal* 102.

DASGUPTA P., HEAL G. (1974). «The Optimal Depletion of Exhaustible Resources» Review of Economic Studies 41, pp. 3-28.

EKOS, REVISTA. (2006). «Petróleo Ecuatoriano» Edición 146.

FATTOUH (2006). « Middle East Crude Pricing And The Oman Crude Oil Futures Contract: A Critical Assessment » Oxford Institute for Energy Studies.

FONTAINE G. (2003). «El precio del petróleo». Flacso, Quito-Ecuador.

GRIFFIN J., NIELSON W. (1994). «The 1985-86 price collapse and afterwards: what does game theory add? »Economic Inquiry, Octubre, pp. 543-561.

GYLFASON T., Y ZOEGA G. (2002). «Natural Resources and Economic Growth: The Role of Investment», Central Bank of Chile Working Paper No. 142.

HAMILTON J. (1983). «Oil and the Macroeconomy since World War II», Journal of Political Economy, 91, pp.. 228-248.

HAMILTON J. (1995). «This is What Happened to the Oil Price-Macroeconomy Relationship», Journal of Monetary Economics, vol. XXXVIII, núm. 2. pp. 215-20, Rochester.

HARTWICK J. (1997), «Intergenerational Equity and the Investing of Rents from Exhaustible Resources», American Economic Review, American Economic Association, Vol. 67 (5), 9072-9074.

HOFFMAISTER A., Y ROLDÓS J. (1997). «Are Business Cycles Different in Asia and Latin America?» <http://www.imf.org/external/pubs/ft/wp/wp9709.pdf>

HORMAECHE J., LABORDA A., ORMIJANA T. (2008). «El petróleo y la energía en la economía» Administración de la Comunidad Autónoma del País Vasco Departamento de Hacienda y Administración Pública. <http://www.euskadi.net/ejgvbiblioteca>

HULL, C. (2001). «Fundamentals of Futures and Options Markets», 4th edition.

JIMÉNEZ-RODRIGUEZ, R. Y SÁNCHEZ, M (2004). «Oil Price Shocks and Real GDP Growth: Empirical Evidence for Some OECD Countries», Working Papers Series, núm. 362. <https://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/scpwps/ecbwp362.pdf>

LANTERI L. (2009). «Choques externos y fluctuaciones macroeconómicas, alguna evidencia para la economía argentina» Análisis Económico banco central de argentina Núm. 57, vol. XXIV. <http://www.analisiseconomico.com.mx/pdf/5713.pdf>

LEE K., NI S., RATTI R. (1995). «Oil Shocks and Macroeconomy: The Role of Price Variability», The Energy Journal, vol. XVI, núm.4, pp. 39-56, Cleveland.

LÜTKEPOHL, H. (2005). «New Introduction to Multiple Time Series Analysis». New York: Springer

MABRO, R. (2006). «Oil in the Twenty-First Century: Issues, Challenges, and Opportunities» EEUU.

MEHRARA M., OSKOU K. (2007). «The sources of macroeconomic fluctuations in oil exporting countries: A comparative study» Economic Modelling, Vol. 24, pp. 365-379.

MIRANDA C. (2013). «El mercado internacional del petróleo» facultad integral del chaco, pp. 2-34.

MORK K. (1989). «Oil and the Macroeconomy When Prices Go up and down: An Extension of Hamilton's Results» Journal of Political Economy, 97, pp.740–744.

NARANJO M. (2004). «Dos décadas perdidas: los ochenta y los noventa» Cuestiones Económicas Vol. 20, No 1. Ecuador.

NOVALES A. (2013). «Modelos vectoriales autoregresivos (VAR)» Universidad Complutense de Madrid.

PALAZUELOS E. (2008). « el mercado de petróleo, un mercado financiarizado» mundial pp. 439-474.

PEERSMAN G., VAN ROBAYS I. (2009). «Oil and the Euro Area Economy» Economic Policy.

PÉREZ D., BLANCHARD O. (2011). « Macroeconomía: Aplicaciones para América Latina» pp. 218-225.

PESARAN M., SHIN H. (1998). «Generalized impulse response analysis in linear multivariate models, » Economics Letters, vol. LVIII, núm.1, pp. 17-29.

PERILLA J. (2009). «Descomposición Sectorial y Dinámica del Impacto de los Precios del Petróleo sobre el Crecimiento Económico en Colombia», Archivos de Economía,

[https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Estudios%20Economicos/357\\_Descomposicion%20sectorial%20precios%20petroleo.pdf](https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Estudios%20Economicos/357_Descomposicion%20sectorial%20precios%20petroleo.pdf)

PYNDICK R. (2001). «The dynamics of commodity spot and futures markets: a primer» The Energy Journal 22. pp. 1-30.

RASCHE R., TATOM J. (1981). «Energy Price Shocks, Aggregate Supply and Monetary Policy: The Theory and the International Evidence» EEUU.

RYDLAND S. (2011). «An Empirical Analysis of How Oil Price Changes Influence the Norwegian Economy» A Structural Vector Autoregressive Approach. <http://brage.bibsys.no/xmlui/bitstream/handle/11250/168959/Rydland%202011.pdf?sequence=1>

SACHS J., WARNER A. (1995). «Natural Resource Abundance and Economic Growth». NBER Working Paper Series. National Bureau of Economic Research, Massachusetts, pp. 1-54

SACHS J., WARNER A. (2001). « Natural Resources and Economic Development: The Curse of Natural Resources. European Economic Review» No 45, pp. 827-838.

SALEHI-ISFAHANI, D. (1995). «Models of the oil market revisited». The Journal of Energy Literature I. pp. 3-21

URIBE J., ULLOA I. (2011). «Otro País Exportador Neto de Petróleo y sus Reacciones Macroeconómicas ante Cambios del Precio: Colombia » Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales (CLACSO) <http://biblioteca.clacso.edu.ar/Colombia/cidse-univalle/20110915013746/DocTrab140.pdf>

YÉPEZ R. (2012). «Mitigación de la vulnerabilidad a los precios del petróleo altos y volátiles» Experiencia del sector eléctrico en América Latina y el Caribe. Banco Mundial. pp 54-76. Washington.

ZAYTSEV O. (2010). «The impact of oil price changes on the macroeconomic performance of ukraine» [http://www.kse.org.ua/uploads/thesis\\_final\\_Zaytsev.pdf](http://www.kse.org.ua/uploads/thesis_final_Zaytsev.pdf)

ZUCCARDI I. (2002). « Crecimiento y ciclos económicos. Efectos de los choques de oferta y demanda en el crecimiento colombiano». República de Colombia Departamento Nacional de Planeación Dirección de Estudios Económicos.



# ANEXOS

## A. RAIZ UNITARIA

### LOGARITMO PRECIOS DEL PETRÓLEO

Null Hypothesis: D(L\_PPETR) has a unit root

Exogenous: Constant

Lag Length: 0 (Automatic based on SIC, MAXLAG=9)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-6.546434	0.0000
Test critical values: 1% level	-3.610453	
5% level	-2.938987	
10% level	-2.607932	

\*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Null Hypothesis: D(L\_PPETR) has a unit root

Exogenous: Constant

Bandwidth: 2 (Newey-West using Bartlett kernel)

	Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic	-6.548144	0.0000
Test critical values: 1% level	-3.610453	
5% level	-2.938987	
10% level	-2.607932	

\*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Residual variance (no correction)	240.2452
HAC corrected variance (Bartlett kernel)	237.7649

Para los test Augmented Dickey-Fuller y Phillips-Perron se rechaza la hipótesis nula de raíz unitaria cuando se diferencia una vez, por tanto esta variable es integrada de orden uno  $I(1)$ .

**CRECIMIENTO DEL PRODUCTO INTERNO BRUTO**

---

Null Hypothesis: CPIB has a unit root

Exogenous: Constant

Lag Length: 0 (Automatic based on SIC, MAXLAG=9)

---

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-4.066581	0.0029
Test critical values: 1% level	-3.605593	
5% level	-2.936942	
10% level	-2.606857	

---

\*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

---

---

Null Hypothesis: CPIB has a unit root

Exogenous: Constant

Bandwidth: 2 (Newey-West using Bartlett kernel)

---

	Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic	-4.010096	0.0034
Test critical values: 1% level	-3.605593	
5% level	-2.936942	
10% level	-2.606857	

---

\*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

---

Residual variance (no correction) 9.416369

HAC corrected variance (Bartlett kernel) 8.804679

---

Para los test Augmented Dickey-Fuller y Phillips-Perron se rechaza la hipótesis nula de raíz unitaria cuando se usa niveles, por tanto esta variable es integrada de orden uno  $I(0)$ .

**LOGARITMO TIPO DE CAMBIO REAL**

---

Null Hypothesis:  $D(L\_TCR)$  has a unit root

Exogenous: Constant

Lag Length: 1 (Automatic based on SIC, MAXLAG=9)

---

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-5.419275	0.0001
Test critical values: 1% level	-3.615588	
5% level	-2.941145	
10% level	-2.609066	

---

\*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

---

---

Null Hypothesis:  $D(L\_TCR)$  has a unit root

Exogenous: Constant

Bandwidth: 10 (Newey-West using Bartlett kernel)

---

	Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic	-4.835684	0.0003
Test critical values: 1% level	-3.610453	
5% level	-2.938987	
10% level	-2.607932	

---

\*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

---

Residual variance (no correction) 126.6411

HAC corrected variance (Bartlett kernel) 54.02206

---

Para los test Augmented Dickey-Fuller y Phillips-Perron se rechaza la hipótesis nula de raíz unitaria cuando se diferencia una vez, por tanto esta variable es integrada de orden uno  $I(1)$ .

## LOGARITMO ÍNDICE DE PRECIOS AL CONSUMIDOR.

Null Hypothesis: D(L\_IPC) has a unit root

Exogenous: Constant

Lag Length: 0 (Automatic based on SIC, MAXLAG=9)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-6.242725	0.0000
Test critical values: 1% level	-3.610453	
5% level	-2.938987	
10% level	-2.607932	

\*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Null Hypothesis: D(L\_IPC) has a unit root

Exogenous: Constant

Bandwidth: 1 (Newey-West using Bartlett kernel)

	Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic	-7.194934	0.0000
Test critical values: 1% level	-3.610453	
5% level	-2.938987	
10% level	-2.607932	

\*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Residual variance (no correction)	264.7491
HAC corrected variance (Bartlett kernel)	89.13898

Para los test Augmented Dickey-Fuller y Phillips-Perron se rechaza la hipótesis nula de raíz unitaria cuando se diferencia una vez, por tanto esta variable es integrada de orden uno  $I(1)$ .

**LOGARITMO CAMBIO POSITIVO PRECIOS DEL PETRÓLEO.**

---

Null Hypothesis: VPOSITIVAPPETR has a unit root

Exogenous: Constant

Lag Length: 0 (Automatic based on SIC, MAXLAG=9)

---

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-6.325288	0.0000
Test critical values: 1% level	-3.605593	
5% level	-2.936942	
10% level	-2.606857	

---

\*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

---

---

Null Hypothesis: VPOSITIVAPPETR has a unit root

Exogenous: Constant

Bandwidth: 3 (Newey-West using Bartlett kernel)

---

	Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic	-6.336358	0.0000
Test critical values: 1% level	-3.605593	
5% level	-2.936942	
10% level	-2.606857	

---

\*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

---

Residual variance (no correction) 0.141160

HAC corrected variance (Bartlett kernel) 0.125070

---

Para los test Augmented Dickey-Fuller y Phillips-Perron se rechaza la hipótesis nula de raíz unitaria cuando se usa niveles, por tanto esta variable es integrada de orden uno  $I(0)$ .

**LOGARITMO CAMBIO NEGATIVO PRECIOS DEL PETRÓLEO.**

---

Null Hypothesis: VNEGATIVAPPETR has a unit root

Exogenous: Constant

Lag Length: 0 (Automatic based on SIC, MAXLAG=9)

---

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-6.325288	0.0000
Test critical values: 1% level	-3.605593	
5% level	-2.936942	
10% level	-2.606857	

---

\*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

---

---

Null Hypothesis: VNEGATIVAPPETR has a unit root

Exogenous: Constant

Bandwidth: 1 (Newey-West using Bartlett kernel)

---

	Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic	-6.806594	0.0000
Test critical values: 1% level	-3.605593	
5% level	-2.936942	
10% level	-2.606857	

---

\*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

---

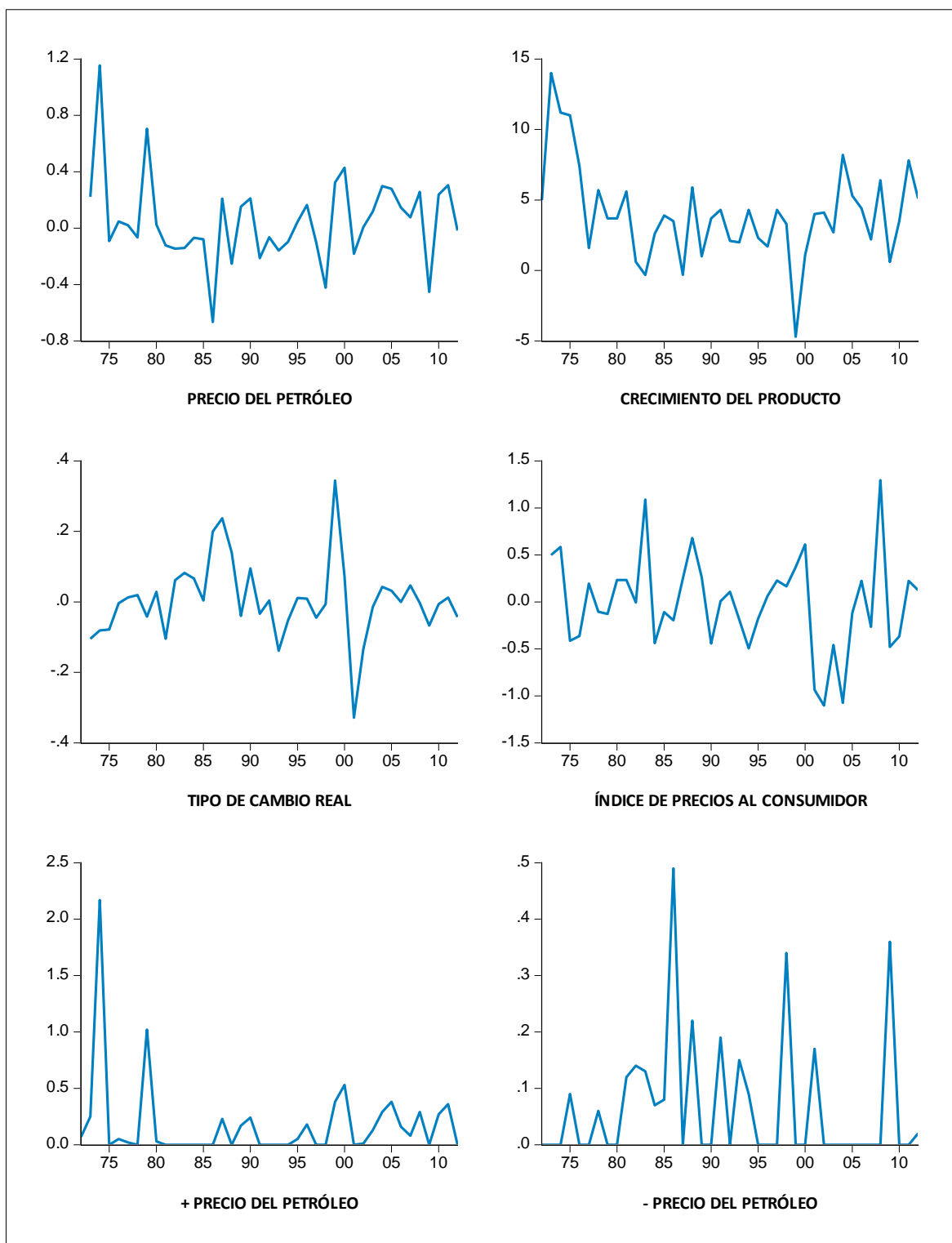
Residual variance (no correction) 0.012628

HAC corrected variance (Bartlett kernel) 0.012476

---

Para los test Augmented Dickey-Fuller y Phillips-Perron se rechaza la hipótesis nula de raíz unitaria cuando se usa niveles, por tanto esta variable es integrada de orden uno  $I(0)$ .

## COMPORTAMIENTO VARIABLES ESTACIONARIZADAS.



## B. CRITERIOS DE INFORMACIÓN

### VAR Lag Order Selection Criteria

Endogenous variables: DL\_PPETR CPIB DL\_TCR DL\_IPC

Exogenous variables: C

Date: 10/01/14 Time: 19:55

Sample: 1972 2012

Included observations: 38

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	-78.53319	NA	0.001018	4.461253	4.635407*	4.522651*
1	-59.15888	33.51232*	0.000854*	4.278858*	5.149625	4.585844
2	-45.94785	19.99507	0.001026	4.429614	5.996993	4.982188
3	-33.37200	16.31462	0.001344	4.614703	6.878695	5.412866

\* indicates lag order selected by the criterion

LR: sequential modified LR test statistic (each test at 5% level)

FPE: Final prediction error

AIC: Akaike information criterion

SC: Schwarz information criterion

HQ: Hannan-Quinn information criterion

Desde la forma irrestricta VAR, tanto para el caso estructural como lineal, siguiendo los criterios de Akaike para muestras pequeñas se obtiene que el retardo óptimo a utilizar para la estimación de ambos caso es de uno.

### VAR Lag Order Selection Criteria

Endogenous variables: VNEGATIVAPPETR CPIB DL\_TCR DL\_IPC

Exogenous variables: C

Date: 10/01/14 Time: 19:50

Sample: 1972 2012

Included observations: 38

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	-50.04087	NA	0.000218	2.921128	3.095281*	2.982525
1	-27.72314	38.60365*	0.000156*	2.579629*	3.450395	2.886615*
2	-15.51564	18.47621	0.000198	2.784629	4.352009	3.337204
3	-3.433091	15.67466	0.000267	2.996383	5.260376	3.794547

\* indicates lag order selected by the criterion

LR: sequential modified LR test statistic (each test at 5% level)

FPE: Final prediction error

AIC: Akaike information criterion

SC: Schwarz information criterion

HQ: Hannan-Quinn information criterion



---

**VAR Lag Order Selection Criteria**

Endogenous variables: VPOSITIVAPPETR CPIB DL\_TCR DL\_IPC

Exogenous variables: C

Date: 10/01/14 Time: 19:38

Sample: 1972 2012

Included observations: 38

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	-70.10928	NA*	0.000645*	4.134294	4.180060*	4.067304*
1	-70.48444	23.56729	0.000739	4.005907*	5.005060	4.441280
2	-42.93145	20.51263	0.000872	4.266565	5.833944	4.819140
3	-29.25213	17.74614	0.001076	4.392007	6.656000	5.190171

\* indicates lag order selected by the criterion

LR: sequential modified LR test statistic (each test at 5% level)

FPE: Final prediction error

AIC: Akaike information criterion

SC: Schwarz information criterion

HQ: Hannan-Quinn information criterion

---

En el caso no lineal por su parte, para la estimación de las innovaciones positivas y negativas, el retardo óptimo se constituye en uno.

## C. COINTEGRACIÓN

---

Date: 10/11/14 Time: 02:22

Sample (adjusted): 1975 2012

Included observations: 38 after adjustments

Trend assumption: Linear deterministic trend

Series: L\_PPETR CPIB L\_TCR L\_IPC

Lags interval (in first differences): 1 to 2

Hypothesized		Trace	5 Percent	1 Percent
No. of CE(s)	Eigenvalue	Statistic	Critical Value	Critical Value
None	0.383248	40.80579	47.21	54.46
At most 1	0.334111	22.44082	29.68	35.65
At most 2	0.128513	6.988772	15.41	20.04
At most 3	0.045303	1.761712	3.76	6.65

Trace test indicates no cointegration at both 5% and 1% levels

\*(\*\*) denotes rejection of the hypothesis at the 5%(1%) level

---

Date: 10/09/14 Time: 03:53  
Sample (adjusted): 1975 2012  
Included observations: 38 after adjustments  
Trend assumption: Linear deterministic trend  
Series: VNEGATIVA L\_PPETR CPIB L\_TCR L\_IPC  
Lags interval (in first differences): 1 to 2

Hypothesized		Trace	5 Percent	1 Percent
No. of CE(s)	Eigenvalue	Statistic	Critical Value	Critical Value
None	0.435009	42.99774	47.21	54.46
At most 1	0.285097	21.30179	29.68	35.65
At most 2	0.137669	8.548689	15.41	20.04
At most 3	0.073971	2.920281	3.76	6.65

Trace test indicates no cointegration at both 5% and 1% levels

\*(\*\*) denotes rejection of the hypothesis at the 5%(1%) level

Date: 10/09/14 Time: 03:55  
Sample (adjusted): 1975 2012  
Included observations: 38 after adjustments  
Trend assumption: Linear deterministic trend  
Series: VPOSITIVAPPETR CPIB L\_TCR L\_IPC  
Lags interval (in first differences): 1 to 2

Hypothesized		Trace	5 Percent	1 Percent
No. of CE(s)	Eigenvalue	Statistic	Critical Value	Critical Value
None	0.447486	45.71357	47.21	54.46
At most 1	0.333997	24.99877	29.68	35.65
At most 2	0.154448	9.553242	15.41	20.04
At most 3	0.080233	3.178128	3.76	6.65

Trace test indicates no cointegration at both 5% and 1% levels

\*(\*\*) denotes rejection of the hypothesis at the 5%(1%) level

El estadístico de traza demuestra que en ninguno de los tres casos de estudio se halle que exista al menos una, al menos dos, al menos tres o ninguna, relaciones de cointegración tanto al 1 y 5%, por lo que en este trabajo no se procede a aplicar vectores de corrección de error.

## D. ESTABILIDAD

Roots of Characteristic Polynomial

Endogenous variables: DL\_PPETR CPIB DL\_TCR DL\_IPC

Exogenous variables: C

Lag specification: 1 1

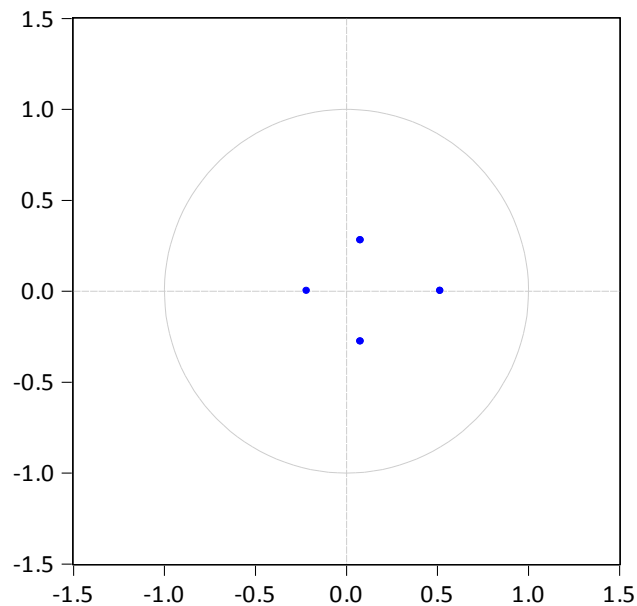
Date: 10/11/14 Time: 22:09

Root	Modulus
0.517289	0.517289
0.077977 - 0.278798i	0.289498
0.077977 + 0.278798i	0.289498
-0.217426	0.217426

No root lies outside the unit circle.

VAR satisfies the stability condition.

Inverse Roots of AR Characteristic Polynomial



Examinando las raíces inversa del polinomio autorregresivo tanto en forma gráfica y de tabla, se obtiene que el modelo estructural y lineal cumplen la condición de estabilidad ya que los eigenvalores son menores a uno y se ubican dentro del círculo unitario.

---

Roots of Characteristic Polynomial

Endogenous variables: VPOSITIVAPPETR CPIB DL\_TCR DL\_IPC

Exogenous variables: C

Lag specification: 1 1

Date: 10/11/14 Time: 23:05

---



---

Root	Modulus
0.501032	0.501032
-0.375143	0.375143
0.112758 - 0.293276i	0.314206
0.112758 + 0.293276i	0.314206

---



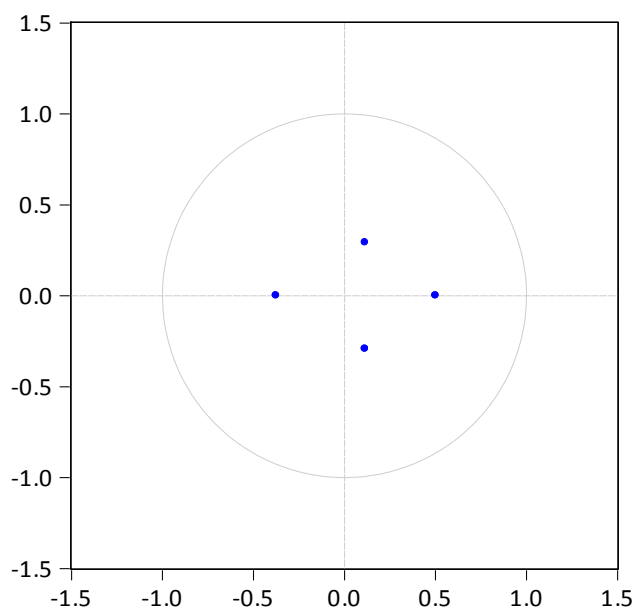
---

No root lies outside the unit circle.

VAR satisfies the stability condition.

---

## Inverse Roots of AR Characteristic Polynomial



Para el modelo de innovaciones positivas se encuentra que las raíces inversas son menores a uno por lo que se cumple con la condición de estabilidad.

# Rroots of Characteristic Polynomial

Endogenous variables: VNEGATIVAPPETR CPIB DL\_TCR DL\_IPC

Exogenous variables: C

Lag specification: 1 1

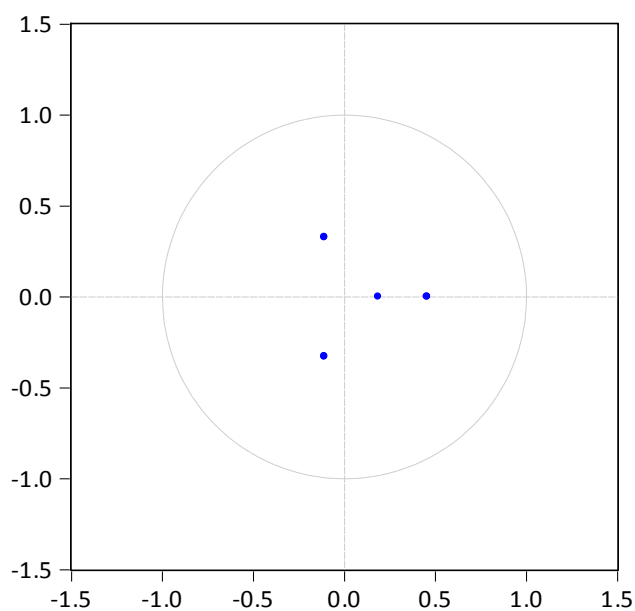
Date: 10/11/14 Time: 23:33

Root	Modulus
0.455120	0.455120
-0.108828 - 0.327433i	0.345045
-0.108828 + 0.327433i	0.345045
0.186024	0.186024

No root lies outside the unit circle.

VAR satisfies the stability condition.

## Inverse Roots of AR Characteristic Polynomial



Para el modelo de innovaciones negativas se encuentra que las raíces inversas son menores a uno por lo que se cumple con la condición de estabilidad.

## E. AUTOCORRELACION

### VAR Residual Serial Correlation LM Tests

Null Hypothesis: no serial correlation at lag order h

Date: 10/11/14 Time: 23:45

Sample: 1972 2012

Included observations: 39

Lags	LM-Stat	Prob
1	24.49525	0.0792
2	17.75265	0.3386
3	17.79094	0.3363
4	14.89860	0.5321
5	17.75849	0.3382
6	9.024516	0.9124
7	16.25255	0.4355
8	9.554450	0.8888
9	14.94798	0.5285
10	10.87889	0.8169
11	8.127601	0.9450
12	13.35768	0.6464

Probs from chi-square with 16 df.

### VAR Residual Serial Correlation LM Tests

Null Hypothesis: no serial correlation at lag order h

Date: 10/11/14 Time: 23:55

Sample: 1972 2012

Included observations: 39

Lags	LM-Stat	Prob
1	24.73176	0.0800
2	23.51710	0.1006
3	10.89316	0.8160
4	14.86811	0.5343
5	18.92966	0.2723
6	5.879997	0.9893
7	16.35929	0.4282
8	8.267147	0.9405
9	17.99241	0.3243
10	7.925754	0.9510
11	9.738394	0.8799
12	11.50753	0.7771

Probs from chi-square with 16 df.

---

**VAR Residual Serial Correlation LM Tests**

Null Hypothesis: no serial correlation at lag order h

Date: 10/11/14 Time: 23:55

Sample: 1972 2012

Included observations: 39

---

Lags	LM-Stat	Prob
1	23.66671	0.0970
2	12.15070	0.7335
3	19.93850	0.2230
4	10.52764	0.8377
5	13.69703	0.6213
6	7.375856	0.9653
7	17.12239	0.3777
8	13.65333	0.6245
9	15.94658	0.4567
10	10.77686	0.8230
11	10.15053	0.8586
12	16.73664	0.4028

---

Probs from chi-square with 16 df.

Bajo un 5 % de significancia se rechaza la hipótesis nula de que exista correlación serial de orden h tanto para el modelo estructural, lineal y no lineal (positivo y negativo) respectivamente.

**F. NORMALIDAD****VAR Residual Normality Tests**

Orthogonalization: Cholesky (Lutkepohl)

Null Hypothesis: residuals are multivariate normal

Date: 10/11/14 Time: 03:30

Sample: 1972 2012

Included observations: 39

Component	Skewness	Chi-sq	df	Prob.
1	-0.049895	0.015767	1	0.9001
2	-0.009684	0.000594	1	0.9806
3	-0.146153	0.135284	1	0.7130
4	0.639819	2.592.669	1	0.1074
Joint		2.744.313	4	0.6015

Component	Kurtosis	Chi-sq	df	Prob.
1	2.694.827	0.147457	1	0.7010
2	1.567.512	3.249.036	1	0.0715
3	2.953.869	0.003369	1	0.9537
4	3.033.718	0.001800	1	0.9662
Joint		3.401.663	4	0.4930

Component	Jarque-Bera	df	Prob.
1	0.163224	2	0.9216
2	3.249.630	2	0.1969
3	0.138653	2	0.9330
4	2.594.469	2	0.2733
Joint	6.145.976	8	0.6309

Para las variables del modelo estructural y lineal las pruebas de asimetría, curtosis, y jarque bera, demuestran que los residuos se encuentran distribuidos normalmente.



---

**VAR Residual Normality Tests**

Orthogonalization: Cholesky (Lutkepohl)

Null Hypothesis: residuals are multivariate normal

Date: 10/11/14 Time: 03:35

Sample: 1972 2012

Included observations: 39

---

Component	Skewness	Chi-sq	df	Prob.
1	0.898144	4.974424	1	0.0257
2	-0.144504	0.128769	1	0.7197
3	0.096038	0.056876	1	0.8115
4	0.425287	1.115360	1	0.2909
Joint		6.275430	4	0.1795

---

---

Component	Kurtosis	Chi-sq	df	Prob.
1	3.366656	0.207257	1	0.6489
2	1.646929	2.822486	1	0.0930
3	1.046720	5.881928	1	0.0153
4	1.782796	2.284112	1	0.1307
Joint		11.19578	4	0.0344

---

---

Component	Jarque-Bera	df	Prob.
1	5.181681	2	0.0750
2	2.951256	2	0.2286
3	5.938804	2	0.0513
4	3.399472	2	0.1827
Joint	17.47121	8	0.0856

---

Para las variables del modelo de innovaciones positivas se encuentra que al 5% y 10% de significancia las pruebas de asimetría y jarque bera, demuestran que los residuos se encuentran distribuidos normalmente, a excepción de la variable de curtosis que rechaza la hipótesis nula de multinormalidad de los errores.

## VAR Residual Normality Tests

Orthogonalization: Cholesky (Lutkepohl)

Null Hypothesis: residuals are multivariate normal

Date: 10/11/14 Time: 21:36

Sample: 1972 2012

Included observations: 39

Component	Skewness	Chi-sq	df	Prob.
1	0.549641	1.862981	1	0.1723
2	-0.197895	0.241503	1	0.6231
3	-0.014811	0.001353	1	0.9707
4	0.280102	0.483818	1	0.4867
Joint		2.589654	4	0.6287

Component	Kurtosis	Chi-sq	df	Prob.
1	1.717749	2.534758	1	0.1114
2	1.176448	5.126567	1	0.0236
3	1.325517	4.322667	1	0.0376
4	1.370299	4.094554	1	0.0430
Joint		16.07855	4	0.0029

Component	Jarque-Bera	df	Prob.
1	4.397739	2	0.1109
2	5.368069	2	0.0683
3	4.324020	2	0.1151
4	4.578371	2	0.1013
Joint	18.66820	8	0.7667

Para las variables del modelo de innovaciones negativas se encuentra que al 5% y 10% de significancia las pruebas de asimetría y jarque bera, demuestran que los residuos se encuentran distribuidos normalmente, a excepción de la variable de curtosis que rechaza la hipótesis nula de multinormalidad de los errores.

## G. FACTORIZACIÓN ESTRUCTURAL; PROCEDIMIENTO

Realizadas las pruebas de precedencia y certificadas cada una de ellas, para caso del proceso estructural tal como lo dicta la teoría, se procede a analizar el modelo irrestricto o reducido de un var, obteniendo a través del comando correspondiente lo siguiente

```
»var var_norestricto.ls 1 1 dl_ppetr cpib dl_tcr dl_ipc
```

Vector Autoregression Estimates				
Date: 10/12/14 Time: 03:01				
Sample (adjusted): 1974 2012				
Included observations: 39 after adjustments				
Standard errors in ( ) & t-statistics in [ ]				
	DL_PPETR	CPIB	DL_TCR	DL_IPC
DL_PPETR(-1)	-0.073138 (0.17046) [-0.42906]	5.104584 (1.31182) [3.89123]	-0.131960 (0.05497) [-2.40048]	-0.156823 (0.24916) [-0.62940]
CPIB(-1)	0.031296 (0.01715) [1.82459]	0.226773 (0.13200) [1.71795]	0.001971 (0.00553) [0.35630]	0.031355 (0.02507) [1.25062]
DL_TCR(-1)	0.624294 (0.54372) [1.14820]	-1.753487 (4.18434) [-0.41906]	0.362083 (0.17535) [2.06495]	2.751791 (0.79476) [3.46244]
DL_IPC(-1)	-0.124375 (0.10686) [-1.16388]	-1.009412 (0.82239) [-1.22741]	-0.026063 (0.03446) [-0.75627]	-0.059899 (0.15620) [-0.38347]
C	-0.077171 (0.08404) [-0.91823]	2.550654 (0.64678) [3.94362]	0.004399 (0.02710) [0.16231]	-0.156935 (0.12285) [-1.27748]
R-squared	0.115106	0.435720	0.248540	0.274915
Adj. R-squared	0.011001	0.369334	0.160133	0.189611
Sum sq. resids	3.267655	193.5286	0.339851	6.981650
S.E. equation	0.310012	2.385795	0.099978	0.453147
F-statistic	1.105672	6.563440	2.811316	3.222767
Log likelihood	-6.988568	-86.57494	37.14618	-21.79321
Akaike AIC	0.614798	4.696151	-1.648522	1.374011
Schwarz SC	0.828076	4.909428	-1.435245	1.587288
Mean dependent	0.048265	3.730000	0.007569	-0.023993
S.D. dependent	0.311732	3.004231	0.109094	0.503376
Determinant resid covariance (dof adj.)	0.000910			
Determinant resid covariance	0.000526			
Log likelihood	-74.11178			
Akaike information criterion	4.826245			
Schwarz criterion	5.679353			

En nuestro caso, para adaptar la teoría neo keynesiana de economía pequeña y abierta donde la parte exógena afecta a la domestica y la domestica a la exógena no, tomando las bases Cholesky de triangularización inferior de la matriz B y Q:

$$\begin{bmatrix} c(1) & @LR1(@u2) & @LR1(@u3) & @LR1(@u4) \\ c(2) & c(3) & @LR2(@u3) & @LR2(@u4) \\ c(4) & c(5) & c(6) & @LR3(@u4) \\ c(7) & c(8) & c(9) & c(10) \end{bmatrix}$$

se sigue el siguiente proceso:

»PROCS»ESTIMATE STRUCTURAL FACTORIZATION»TEXT:

@LR1(@u2) = 0  
 @LR1(@u3) = 0  
 @LR1(@u4) = 0  
 @LR2(@u3) = 0  
 @LR2(@u4) = 0  
 @LR3(@u4) = 0

Desde donde a través de procesos iterativos de 500 repeticiones se obtiene la máxima verosimilitud de los coeficientes estimados tal como sugiere el siguiente cuadro:

	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C(1)	-0.371170	0.042027	-8.831761	0.0000
C(2)	-4.148186	0.672589	-6.167494	0.0000
C(3)	0.067409	0.023083	2.920291	0.0035
C(4)	0.133765	0.089572	1.493376	0.1353
C(5)	3.006479	0.340417	8.831761	0.0000
C(6)	-0.064804	0.020512	-3.159401	0.0016
C(7)	-0.180743	0.085878	-2.104654	0.0353
C(8)	0.119618	0.013544	8.831761	0.0000
C(9)	0.315466	0.075368	4.185696	0.0000
C(10)	0.414453	0.046928	8.831761	0.0000
Log likelihood	-84.81346			

## H. CUADROS NUMÉRICOS DE PRONÓSTICO

### DESCOMPOSICIÓN DE LA VARIANZA: MODELO ESTRUCTURAL

Variance Decomposition of CPIB:

Period	S.E.	Shock precios del petróleo	Shock oferta agregada	Shock demanda agregada	Shock precios nominales
1	0,310012	19,724870	72,299090	49,012200	3,074827
2	0,324506	47,709120	46,605990	36,164030	20,684870
3	0,327342	48,471340	45,697050	34,269830	24,046260
4	0,327870	48,922360	45,026860	36,550590	23,957180
5	0,328018	49,031750	44,885660	36,936480	23,889370
6	0,328050	49,066970	44,845980	36,998880	23,871650
7	0,328059	49,075810	44,836330	37,009540	23,869010
8	0,328061	49,078140	44,833680	37,013410	23,868350
9	0,328062	49,078760	44,832960	37,014580	23,868140
10	0,328062	49,078930	44,832770	37,014890	23,868080

Factorization:structural

Variance Decomposition of DL\_TCR:

Period	S.E.	Shock precios del petróleo	Shock oferta agregada	Shock demanda agregada	Shock precios nominales
1	2,385795	0,323199	27,02712	71,48234	1,167346
2	2,997949	11,42535	20,91124	65,34961	2,3138
3	3,079818	12,22446	20,85901	64,63082	2,285716
4	3,111119	12,47087	20,83334	64,39557	2,300229
5	3,118555	12,52515	20,83182	64,34029	2,302739
6	3,120540	12,54275	20,82952	64,32538	2,30234
7	3,121048	12,54748	20,82902	64,32128	2,302226
8	3,121187	12,54873	20,82890	64,32016	2,302208
9	3,121224	12,54906	20,82887	64,31987	2,302205
10	3,121234	12,54915	20,82886	64,31979	2,302204

Factorization:structural

**Variance Decomposition of DL\_IPC:**

Period	S.E.	Shock precios del petróleo	Shock oferta agregada	Shock demanda agregada	Shock precios nominales
1	0,099978	0,385681	5,628833	0,013153	93,97233
2	0,113744	0,550531	5,566450	23,58210	70,30092
3	0,114451	1,386670	5,408484	24,47301	68,73184
4	0,114660	1,470210	5,407017	24,47684	68,64593
5	0,114716	1,485485	5,409268	24,47504	68,63021
6	0,114734	1,489425	5,410321	24,47402	68,62623
7	0,114738	1,490807	5,410482	24,47400	68,62471
8	0,114739	1,491187	5,410521	24,47394	68,62435
9	0,114740	1,491285	5,410532	24,47391	68,62427
10	0,114740	1,491310	5,410536	24,47391	68,62425

Factorization:structural

**IMPULSO RESPUESTA: MODELO IRRECTRICTO.**
**MODELO LINEAL: dl\_ppetr**

Period	CPIB	DL_TCR	DL_IPC
1	0.515777	-0.000495	0.072160
2	1.627476	-0.041953	-0.038130
3	0.400387	-0.008902	-0.059651
4	0.323034	-0.004923	-0.013174
5	0.157212	-0.002406	-0.004534
6	0.084193	-0.001471	-0.002641
7	0.041757	-0.000748	-0.001784
8	0.021748	-0.000379	-0.000924
9	0.011278	-0.000193	-0.000452
10	0.005858	-0.000101	-0.000228

Generalized Impulse

**MODELO NO LINEAL: vpositivappetr**

Period	CPIB	DL_TCR	DL_IPC
1	0.803483	0.000240	0.093458
2	1.242137	-0.021281	-0.034529
3	0.307546	-0.004728	-0.012879
4	0.275409	-0.004064	-0.011306
5	0.093189	-0.001074	-0.001988
6	0.063339	-0.000878	-0.001641
7	0.025384	-0.000340	-0.000598
8	(0.02681)	(0.00043)	(0.00124)
9	0.006680	-9.02E-05	-0.000186
10	0.003680	-5.10E-05	-0.000106
Generalized Impulse			

**MODELO NO LINEAL: vnegativappetr**

Period	CPIB	DL_TCR	DL_IPC
1	-0.300587	0.011886	-0.041494
2	-1.437008	0.050869	0.033865
3	-0.264662	0.007720	0.094765
4	-0.230605	0.002075	0.006823
5	-0.160854	0.003209	-0.000812
6	-0.054162	0.001160	0.004364
7	-0.023300	0.000328	0.001340
8	-0.013382	0.000229	0.000172
9	-0.005687	0.000111	0.000248
10	-0.002353	3.95E-05	0.000127
Generalized Impulse			

## I. TABLAS DE USO

### PRECIOS DEL PETRÓLEO

	WTI/ARABIAN LIGHT (reales)	TASA LOGARÍTMICA
1972	13,61	0,07
1973	17,00	0,25
1974	53,94	2,17
1975	49,21	(-0,09)
1976	51,63	0,05
1977	52,70	0,02
1978	49,37	(-0,06)
1979	99,97	1,02
1980	102,62	0,03
1981	90,75	(-0,12)
1982	78,44	(-0,14)
1983	68,12	(-0,13)
1984	63,60	(-0,07)
1985	58,81	(-0,08)
1986	30,23	(-0,49)
1987	37,26	0,23
1988	28,96	(-0,22)
1989	33,75	0,17
1990	41,68	0,24
1991	33,72	(-0,19)
1992	31,62	(-0,06)
1993	26,97	(-0,15)
1994	24,50	(-0,09)
1995	25,64	0,05
1996	30,24	0,18
1997	27,31	(-0,1)
1998	17,91	(-0,34)
1999	24,76	0,38
2000	37,99	0,53
2001	31,69	(-0,17)
2002	31,94	0,01
2003	35,97	0,13
2004	46,51	0,29
2005	64,09	0,38
2006	74,19	0,16
2007	80,16	0,08
2008	103,71	0,29
2009	66,00	(-0,36)
2010	83,70	0,27
2011	113,56	0,36
2012	111,67	(-0,02)



## VARIABLES INTERNAS

	CRECIMIENTO REAL DEL PRODUCTO	TIPO DE CAMBIO REAL	ÍNDICE DE PRECIOS AL CONSUMIDOR
1972	5,02	76,28	7,88
1973	13,95	68,8	13,01
1974	11,21	63,36	23,32
1975	10,97	58,57	15,36
1976	7,40	58,33	10,67
1977	1,60	59,08	13,01
1978	5,71	60,23	11,65
1979	3,73	57,77	10,27
1980	3,71	59,43	13,05
1981	5,61	53,52	16,39
1982	0,61	56,93	16,26
1983	-0,34	61,9	48,43
1984	2,63	66,01	31,23
1985	3,94	66,28	27,98
1986	3,46	80,93	23,03
1987	-0,26	102,58	29,50
1988	5,89	117,1	58,22
1989	1,01	113,38	75,65
1990	3,68	124,69	48,52
1991	4,29	120,56	48,80
1992	2,11	121,05	54,34
1993	1,97	105,37	45,00
1994	4,26	101	27,44
1995	2,25	101,13	22,89
1996	1,70	102,05	24,37
1997	4,30	97,55	30,64
1998	3,27	96,93	36,10
1999	-4,74	136,72	52,24
2000	1,092	146,9	96,09
2001	4,016	105,75	37,68
2002	4,097	92,54	12,48
2003	2,723	91,23	7,93
2004	8,211	95,17	2,74
2005	5,291	98,2	2,41
2006	4,404	98,18	3,03
2007	2,190	102,85	2,28
2008	6,357	102,50	8,40
2009	0,566	95,83	5,16
2010	3,525	95,22	3,56
2011	7,793	96,37	4,47
2012	5,136	92,30	5,10

